

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНБАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

ISSN 2413-2667 (Print)
ISSN 2415-3079 (Online)

ЗБІРНИК
НАУКОВИХ ПРАЦЬ
фізико-математичного факультету
ДДПУ

Заснований у 2010 році

Випуск №10

*Рекомендовано вченою радою
Донбаського державного педагогічного університету
як наукове видання*

Слов'янськ – 2020

The Ministry of Education and Science of Ukraine
State Higher Educational Institution
«DONBAS STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY»

ISSN 2413-2667 (Print)
ISSN 2415-3079 (Online)

SCIENTIFIC WORKS
of the Faculty
of Physics and Mathematics
of Donbas State Pedagogical University

Founded in 2010

Issue 10

*Recommended by the Academic Council
of Donbas State Pedagogical University
as a scientific publication*

Sloviansk, 2020

УДК 51+53+37.016:[51+53+004].

З – 414

Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ. — Слов'янськ : ДДПУ, 2020. — Випуск № 10 — 200 с.

Для студентів, аспірантів та науковців в галузі фізико-математичних наук; вчителів та викладачів фізико-математичних дисциплін та інформатики в закладах загальної середньої та вищої освіти.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

доктор фіз.-мат. наук, професор Надточій В.О. – головний редактор (ДДПУ);
доктор фіз.-мат. наук, професор Чайченко С.О. – заст. гол. ред. (ДДПУ);
доктор фіз.-мат. наук, доцент Костіков О.П. – заст. гол. ред. (ДДПУ);
кандидат фіз.-мат. наук, доцент Кадубовський О.А. – заст. гол. ред. (ДДПУ);
кандидат фіз.-мат. наук, доцент Величко В.Є. (ДДПУ);
кандидат педагогічних наук, доцент Беседін Б.Б. (ДДПУ);
кандидат фіз.-мат. наук, доцент Чуйко О.В. (ДДПУ);
кандидат фіз.-мат. наук, доцент Турка Т.В. (ДДПУ);
кандидат фіз.-мат. наук, доцент Стьопкін А.В. (ДДПУ);
кандидат педагогічних наук, доцент Глазова В.В. (ДДПУ);
кандидат фіз.-мат. наук, доцент Кайдан Н.В. (ДДПУ);
кандидат педагогічних наук, доцент Лимарєва Ю.М. (ДДПУ).

РЕЦЕНЗЕНТИ

АВРАМЕНКО О.В. — доктор фізико-математичних наук, професор;
завідувач кафедри прикладної математики, статистики та економіки
Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка

ТУЛУПЕНКО В.М. — доктор фізико-математичних наук, професор;
завідувач кафедри фізики Донбаської державної машинобудівної академії.

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ДРУКУ

вченою радою державного вищого навчального закладу «Донбаський державний педагогічний університет», протокол № 8 від **30.06.2020** р.

За достовірність посилань, цитат і результатів експериментів відповідальність несуть автори.

© Слов'янськ, ДДПУ, 2020

Від редакційної колегії

Шановні читачі!

Ви тримаєте в руках *десятий* випуск «Збірника наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ» ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет». Видання наукових праць викладачів, студентів та молодих науковців фізико-математичного факультету ДДПУ започатковано у 2010 році, коли результати наукових досліджень було опубліковано окремою серією «Фізико-математичні науки» в збірнику наукових праць «Пошуки і знахідки» за матеріалами науково-практичної конференції «Актуальні питання науки і освіти» (Слов'янськ, СДПУ, 20-22 квітня 2010 р.)

Метою збірника є підтримка наукової активності як серед студентів, так і серед молодих викладачів ДДПУ та інших ВНЗ.

Основу *десятого* випуску збірника складають оригінальні повнотекстові статті (в авторській редакції) переважно із числа доповідей, зроблених під час секційних засідань на цьогорічній Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів і молодих учених «Перспективні напрямки сучасної науки та освіти», Слов'янськ, ДДПУ, 19–20 травня 2020 р. Основні результати доповідались на секційних засіданнях та були рекомендовані до друку головами секцій, завідувачами випускових кафедр («фізики», «математики та інформатики», «методики навчання математики та методики навчання інформатики») та керівниками студентських наукових робіт.

Засновники збірника мають намір зробити його максимально відкритим як для авторів, так і для читачів. Він виходить один раз на рік у друкованому та електронному вигляді. Електронна версія журналу та інформація щодо співпраці з авторами є доступною на офіційному сайті збірника за адресою URL: <http://ddpu.edu.ua/fizmatzbirnyk/begin.htm>.

Запрошуємо до співпраці. Наснаги та творчих успіхів!
Члени редакційної колегії.

**ДО 75-РІЧЧЯ
КОСТІКОВА ОЛЕКСАНДРА ПЕТРОВИЧА**



Олександр Петрович Костіков

доктор фізико-математичних наук, доцент, фахівець в галузі біофізики,
автор понад 100 наукових публікацій
у закордонних та фахових виданнях України,
«Відмінник народної освіти УРСР»

Олександр Петрович Костіков народився 14 березня 1945 року в місті Анжеро-Судженськ Кемеровської області.

Навчання, освіта та підвищення кваліфікації

З 1963 по 1969 рр. Костіков О.П. навчався на факультеті молекулярної та хімічної фізики Московського фізико-технічного інституту (більш відомого, як «МФТИ»), по закінченню якого здобув кваліфікацію «інженер-фізик» за спеціальністю «радіаційна хімія»;

у 1974 р. захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю «03.00.02 – біофізика» (тема дисертації — «Исследование фотореакций хлорофилла в растворах методом ЭПР»);

у 1989 р. Олександр Петровичу присвоєно вчене звання доцента за кафедрою фізики Слов'янського педагогічного інституту;

у 1994 р. Олександр Петрович захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 03.00.02 – біофізика (тема дисертації — «Исследование фотофизики и фотохимии порфиринов, ароматических аминокислот и белков»).

Основні дати трудової діяльності

З червня 1961 р. по вересень 1963 р. Олександр Петрович працював арматурником на Червоноградському заводі залізобетонних виробів Управління будівництва Львівської РНГ («СНХ»);

з 1969 по 1972 рр. — інженером Інституту біофізики АН СРСР;

з 1972 по 1978 рр. — молодшим науковим співробітником Інституту біофізики АН СРСР;

з травня 1978 по листопад 1978 р. — старшим викладачем кафедри фізики Слов'янського державного педагогічного інституту (далі — СДПІ);

з листопада 1978 по жовтень 1979 рр. — виконуючим обов'язки завідувача кафедри фізики СДПІ;

з 1979 по 1984 рр. — завідувачем кафедри та за сумісництвом старшим викладачем кафедри фізики СДПІ;

з 1984 по 1987 рр. — старшим викладачем кафедри фізики СДПІ;

з 1987 по 1995 рр. — доцентом кафедри фізики СДПІ;

з 1995 по 2002 рр. — професором кафедри фізики СДПІ;

з 2002 р. — доцентом кафедри фізики СДПІ та пізніше ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет».

Науково-педагогічна діяльність та здобутки

Наукова діяльність Костікова Олександра Петровича почалася ще на останніх курсах навчання на факультеті молекулярної та хімічної фізики Московського фізико-технічного інституту. За результатами виконання дипломних робіт його перші дві наукові роботи було опубліковано у 1970 році в журналі «Доклады АН СССР». Подальші результати було опубліковано в таких наукових журналах, як: «Доклады АН СССР», «Биофизика», «Физиология растений» а також зарубіжних міжнародних виданнях FEBS Letters, *Studia biophysica*. Результати досліджень докладалися на багатьох конференціях, зокрема міжнародних.

Наукова робота Олександра Петровича присвячена здебільшого дослідженням механізмів процесів, що відбуваються при дії на біологічні об'єкти різних випромінювань. Зокрема, досліджувалися механізми фотосинтезу а також дії ультрафіолетового випромінювання на біологічні молекули.

У Слов'янському педагогічному інституті Костіков О.П. разом з викладацькою діяльністю активно працював над створенням «Наукової лабораторії біофізики». Зазначена лабораторія була організована на фізико-математичному факультеті СДПІ у 1978 році. Основне оснащення лабораторії приладами та матеріалами для проведення досліджень було передане безкоштовно Інститутом біофізики АН СРСР, Інститутом хімічної фізики АН СРСР, фізичним факультетом Московського державного університету. Окрім цього, було придбано ряд приладів за рахунок госпдоговірних робіт, виконуваних О.П. Костіковим. Керівництво лабораторією від дня її заснування здійснює на громадських засадах О.П. Костіков. Усі необхідні матеріали, що витрачаються, і запчастини отримувалися за рахунок засобів госпдоговірних робіт, а також передавалися безкоштовно колегами з Інституту хімічної фізики та інших інститутів АН СРСР (пізніше РАН) у рамках спільних робіт з цими організаціями.

Спектрометр електронного парамагнітного резонансу (ЕПР), що є унікальним науковим устаткуванням, був введений в експлуатацію з 1980 року, активно використовувався для дослідницької роботи за темою «Дослідження фотофізичних та фотохімічних процесів за участю біологічних молекул».

У зазначених дослідженнях, крім Костікова О.П. брали участь доцент, кандидат фізико-математичних наук Овчаренко Валентина Прокопівна, асистент Каменєв Олександр Петрович, старший лаборант Зарва Валентин Петрович, а також студенти, які виконували дипломні роботи на фізико-математичному факультеті Слов'янського державного педагогічного інституту (нині ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет»).

Деякі з результатів робіт студентів (Волощенко С.В., Пугачова Н.С., Кузнецов С.В.) на підставі їх наукової цінності та актуальності, були опубліковані в журналі «Биофизика», який є добре відомим у світі науковим журналом, що видається в області біофізики в АН СРСР (пізніше – РАН).

Висока якість підготовки в лабораторії фізиків-експериментаторів дозволила деяким колишнім студентам ДДПУ (Кузнецов С.В., Волощенко С.В.) вступити до аспірантури Інституту хімічної фізики АН СРСР та успішно закінчити її. Так, наприклад, у 1993 р. Кузнецов С. В. під керівництвом доцента О.П. Костікова та професора К.М. Львова (співробітника ІХФ АН СРСР) захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальностями 03.00.16 - екологія та 03.00.02 - біофізика (тема — «Физические процессы дезактивации триплетно-возбужденных состояний в белках») Кузнецов Сергій В'ячеславович нині працює в дослідницькій лабораторії університету Чикаго (США) та займається викладацькою діяльністю в якості професора зазначеного університету.

У 1994 р. за матеріалами робіт, виконаних в лабораторії біофізики СДПІ, та спільних робіт із співробітниками Інституту хімічної фізики АН СРСР Костіков Олександр Петрович захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 03.00.02 — біофізика (тема — «Исследование фотофизики и фотохимии порфиринов, ароматических аминокислот и белков»).

Після 2001 року Костіков О.П. активно займається дослідженням динаміки згортання-розгортання білкових молекул методами комп'ютерного молекулярного динамічного моделювання.

У зазначених дослідженнях брали активну участь й студенти фізико-математичного факультету ДДПУ, за результатами яких було захищено дипломні і магістерські роботи та опубліковано статті у наукових виданнях.

У 2003 р. Олександр Петрович був запрошений в якості доповідача як член «Біофізичного товариства» на щорічні збори Biophysical Society 47th Annual Meeting San Antonio, USA.

Костіков Олександр Петрович є постійним членом Міжнародного товариства ЕПР (The International EPR (ESR) Society).

Протягом багатьох років Олександр Петрович на високому рівні викладає такі навчальні дисципліни як: теоретична фізика, теоретична механіка, актуальні проблеми сучасної фізики, вибрані питання фізики, додаткові глави загального курсу фізики, використання ОТ у навчальному процесі.

Відзнаки, нагороди та подяки

1970 р. — відзначено премією за результатами «Конкурсу наукових звітів»;

1971 р. — відзначено премією за «Кращі наукові роботи» за результатами конкурсу;

1972 р. — відзначено премією за «Кращу наукову роботу» за результатами конкурсу;

1976 р. — оголошено подяку «За велику роботу та активну участь у складанні інформаційних бюлетенів і перфокарт»;

1977 р. — оголошено подяку «За багаторічну і сумлінну працю, активну участь у громадському житті інституту та у зв'язку з 25-річним ювілеєм Інституту біофізики АН СРСР»;

1984 р. — оголошено подяку «За сумлінну працю»;

1987 р. — (тричі) оголошено подяку «За сумлінну працю»;

1989 р. — нагороджено нагрудним знаком «Відмінник народної освіти УРСР»;

1990 р. — нагороджено Почесною грамотою Слов'янського педагогічного інституту;

1999 р. — нагороджено Почесною грамотою «У зв'язку з 60-річним ювілеєм з дня заснування Слов'янського педагогічного інституту»;

2000 р. — оголошено подяку «За багаторічну сумлінну працю»;

2004 р. — нагороджено Грамотою Слов'янської міської ради;

2005 р. — оголошено подяку «За високі досягнення у науковій та педагогічній діяльності»;

2010 р. — оголошено подяку «За сумлінну працю та з нагоди ювілею»;

2011 р. — оголошено подяку «За багаторічну сумлінну працю»;

2015 р. — нагороджено Почесною грамотою ДДПУ «За сумлінну працю та з нагоди святкування ювілейної дати»;

2017 р. — нагороджено Почесною грамотою Донецької державної обласної адміністрації «За вагомий особистий внесок у розвиток освіти і науки».

Щиросердно вітаємо Вас, шановний Олександр Петровичу, зі знаменною датою у Вашому житті! Бажаємо Вам міцного здоров'я та плідної наукової і викладацької роботи на довгі роки!

Професорсько-викладацький склад
фізико-математичного факультету ДДПУ

Праці О.П. Костікова

1. Исследование свойств триплетного возбужденного состояния порфиринов методом ЭПР / А. П. Костиков, З. П. Грибова // Проблемы биофотохимии тез. докл симп. (Москва, 1970 г.). — М., 1970. — С. 38.
2. Применение метода магнитофотоселекции при исследовании ЭПР триплетного состояния порфиринов / А. П. Костиков, З. П. Грибова, Л. П. Каюшин // Докл. АН СССР. — 1970. — Т. 193, № 2. — С. 469–472.
3. Электронный парамагнитный резонанс триплетного состояния порфиринов для переходов $\Delta m = \pm 1$ / З. П. Грибова, Л. П. Каюшин, А. П. Костиков, Л. А. Сибельдина // Докл. АН СССР. — 1970. — Т. 193, № 4. — С. 926–928.
4. Зависимость сигнала электронного парамагнитного резонанса при фотоокислении хлорофилла хиноном от кислотности среды / В. Б. Евстигнеев, Н. А. Садовникова, А. П. Костиков, З. П. Грибова, Л. П. Каюшин // Биофизика. — 1971. — Т. 16, вып. 3. — С. 431–435.
5. Исследование первичных продуктов фотоокисления хлорофилла а методом ЭПР / Н. А. Садовникова, А. П. Костиков // Биология и научно-технический прогресс: тез. докл. конф. (Пушино, 1971 г.). — Пушино, 1971. — С. 120–122.
6. Двухфотонное поглощение лазерного излучения хлорофиллом а и некоторыми другими органическими веществами / Н. Н. Всеволодов, А. П. Костиков // IV Междунар. биофизический конгресс (Москва, 7–14 авг. 1972 г.): тез. секцион. докл. — М., 1972. — Т. 1. — С. 28.
7. Исследование методом ЭПР фотоокисления хлорофилла а / А. П. Костиков, Н. А. Садовникова // IV Междунар. биофизический конгресс (Москва, 7–14 авг. 1972 г.): тез. секцион. докл. — М., 1972. — Т. 1. — С. 344–345.
8. Исследование первичных продуктов фотоокисления хлорофилла а методом электронного парамагнитного резонанса / В. Б. Евстигнеев, Н. А. Садовникова, А. П. Костиков, Л. П. Каюшин // Докл. АН СССР. — 1972. — Т. 203, № 6. — С. 1343–1346.
9. Наблюдение двухфотонного поглощения в хлорофилле и других органических красителях / Н. Н. Всеволодов, А. П. Костиков // Исследование свободно-радикальных состояний в связи с их ролью в регуляции биологических процессов: междунар. симп. (Пушино, 1971 г.) / ред. Л. П. Каюшин. — Пушино, 1972. — Кн. 1. — С. 147–153.
10. Применение метода ЭПР к исследованию триплетного возбужденного состояния порфиринов для переходов с $\Delta m = \pm 1$ / А. П. Костиков // Исследование свободно-радикальных состояний в связи с их ролью в регуляции биологических процессов: междунар. симп. (Пушино, 1971 г.) / ред. Л. П. Каюшин. — Пушино, 1972. — Кн. 1. — С. 14–27.
11. Двухфотонное поглощение лазерного излучения хлорофиллом а и некоторыми органическими красителями / Н. Н. Всеволодов, А. П. Костиков, Л. П. Каюшин, В. И. Горбатенков // Биофизика. — 1973. — Т. 18, вып. 4. — С. 755–757.
12. Изучение фотоиндуцированных превращений в бактериородопсиновом мембранном комплексе / Н. Н. Всеволодов, А. П. Костиков, Г. Т. Рихирева // Биофизика. — 1974. — Т. 19, вып. 5. — С. 942–946.
13. Исследование методом ЭПР первичных продуктов фотоокисления хлорофилла а. Влияние воды / А. П. Костиков, Н. А. Садовникова, В. Б. Евстигнеев, Л. П. Каюшин // Биофизика. — 1974. — Т. 19, вып. 2. — С. 244–248.
14. Исследование фотореакций хлорофилла в растворах методов ЭПР / А. П. Костиков: дис. ... канд. физ. мат. наук: 03.00.02 / Костиков Александр Петрович; АН СССР, Ин-т биол. физ. — Пушино, 1974. — 983 с.

15. Исследование фотореакций хлорофилла в растворах методов ЭПР / А. П. Костиков : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. физ. мат. наук : спец. 03.00.02 "Биофизика" / А. П. Костиков; АН СССР, Ин-т биол. физ. – Пушкино, 1974. – 32 с.
16. EPR detection of deuteriochlorophyll cation-radicals arising at its photoreaction with quinone at low temperature / A. P. Kostikov, L. P. Kayushin, L. N. Chekulaeva, N. A. Sadovnikova, V. B. Evstigneev // FEBS Letters. – 1974. – V. 48, №. 1. – P. 149–151.
17. Membrane protein bacteriorhodopsin from Halophilic bacteria / L. P. Kayushin, L. A. Sibeldina, A. V. Lasareva, N. N. Vsevolodov, A. P. Kostikov, G. T. Richireva, L. N. Chekulaeva // Studia biophysica. – 1974. – V. 42, №. 1. – P. 71–74.
18. Исследование выхода катион-радикалов пигмента в реакции фотоокисления хлорофилла хинонами / А. П. Костиков, Н. А. Садовникова, В. Б. Евстигнеев // Биофизика. – 1976. – Т. 21, вып. 5. – С. 803–807.
19. Фотоиндуцированный перенос электрона в растворах хлорофилла с хинонами / А. П. Костиков, Н. А. Садовникова, В. Б. Евстигнеев // Окислительно-восстановительные реакции свободных радикалов : тез. докл. I Всесоюз. симп., Киев, 19-21 окт. 1976 г. / АН СССР, Науч. совет по химической кинетике и строению, Ин-т физ. химии им. Л. В. Писаржевского АН УССР; отв. ред. В. Д. Походенко. – Киев, 1976. – С. 31–32.
20. Исследование локализации окислительной стороны фотосистемы 2 в мембране хлоропласта при исследовании спинмеченой пальмитиновой кислоты / В. В. Мезенцев, А. П. Костиков // Магнитный резонанс в биологии и медицине : тез. докл. I Всесоюз. симп. (1977 г., Черногоровка). – Черногоровка, 1977. – С. 135–136.
21. Исследование электронно-транспортной цепи фотосистем мутантов зеленой водоросли *Chlamydomonas* с применением метода ЭПР / А. П. Костиков, В. Г. Ладыгин, В. В. Мезенцев, Ю. Н. Ильин // Магнитный резонанс в биологии и медицине : тез. докл. I Всесоюз. симп. (1977 г., Черногоровка). – Черногоровка, 1977. – С. 135.
22. Спектральные свойства хлорофилла и фотохимическая активность фотосистем пигментных мутантов *Chlamydomonas* / В. Г. Ладыгин, А. П. Костиков // Физиология растений. – 1978. – Т. 25, вып. 6. – С. 500–509.
23. Установление места нарушения электротранспортной цепи хлоропластов мутантов *Chlamydomonas* с неактивной фотосистемой 2 / А. П. Костиков, В. Г. Ладыгин, В. В. Мезенцев, Ю. Н. Ильин // Биофизика. – 1979. – Т. 24, вып. 5. – С. 925–927.
24. Влияние феррицианида на предельную концентрацию УФ-облученных белков при 77 К / А. П. Костиков, В. П. Овчаренко, К. М. Львов // Магнитный резонанс в биологии и медицине: тез. докл. II Всесоюз. симп. (19-22 марта 1981 г., Москва) / АН СССР, Отд-ние общей и технической химии, Ин-т химической физики, Научный совет по проблемам биологической физики. – Черногоровка, 1981. – С. 248–249.
25. Изучение природы аномально узкого сигнала ЭПР, возникающего при УФ облучении растворов белков при 77 К / А. П. Костиков // Тезисы докладов стендовых сообщений Академии наук СССР I Всесоюзного биофизического съезда (Москва 3-8 авг. 1982 г.) – М., 1982. – Т. 2. – С. 312.
26. Особенности механизма фотохимических реакций образования радикалов в белках при 77 К в присутствии феррицианида / А. П. Костиков, В. П. Овчаренко, К. М. Львов // Тезисы докладов стендовых сообщений Академии наук СССР I Всесоюзного биофизического съезда (Москва 3-8 авг. 1982 г.) – М., 1982. – Т. 2. – С. 301.
27. Механика, молекулярная физика и термодинамика : метод. указания для заочного отделения / В. П. Овчаренко, А. П. Костиков; Славян. гос. пед. ин-т. – Славянск : СГПИ, 1983. – 64 с.

28. Методические указания к практическим занятиям по механике / В. П. Овчаренко, А. П. Костиков; Славян. гос. пед. ин-т. – Славянск : СГПИ, 1988. – Ч. 1. – 40 с.
29. Методические указания к практическим занятиям по механике / В. П. Овчаренко, А. П. Костиков; Славян. гос. пед. ин-т. – Славянск : СГПИ, 1988. – Ч. 2. – 40 с.
30. Пути повышения эффективности лекций в подготовке учителя физики / А. П. Костиков, В. П. Овчаренко // Психологические условия профессионального становления личности в свете реформ общеобразовательной и профессиональной школы : тез. науч. конф. / АН наук СССР, О-во психологов СССР. – М., 1988. – Ч. 1, разд. 1. – С. 53–54.
31. Фотоиндуцированное декарбоксилирование аминокислот и пептидов при 77 К / А. П. Костиков, С. В. Волощенко, В. П. Овчаренко // Магнитный резонанс в биологии и медицине : тез. устных сообщ. и стендовых докл. VII Всесоюз. конф. (май 1989 г., Звенигород), АН СССР, Отд-ние общей и технической химии, Институт химической физики, Научный совет по проблемам биологической физики. – Черногоровка, 1989. – С. 54–55.
32. З досвіду організації самостійної роботи студентів / Р. В. Олійник, В. П. Овчаренко, О. П. Костіков // Формування і становлення сучасного учителя : тези доп. наук.-метод. конф., приуроч. 50-річчю Ровен. держ. пед. ін-ту ім. Д. З. Мануїльського, Ровно, 24-26 квіт. 1990 р. / Ровен. держ. пед. ін-т ім. Д. З. Мануїльського. – Ровно, 1990. – Ч. 2. – С. 176–177.
33. Підвищення якості навчання при підготовці вчителя фізики / В. П. Овчаренко, О. П. Костіков // Формування і становлення сучасного учителя : тези доп. наук.-метод. конф., приуроч. 50-річчю Ровен. держ. пед. ін-ту ім. Д. З. Мануїльського, Ровно, 24-26 квіт. 1990 р. / Ровен. держ. пед. ін-т ім. Д. З. Мануїльського. – Ровно, 1990. – Ч. 2. – С. 175–176.
34. Сверхузкий спектр ЭПР водных растворов белков, УФ-облученных при 77 К / А. П. Костиков, В. П. Овчаренко, К. М. Львов // Биофизика. – 1990. – Т. 35, вып. 5. – С. 783–785.
35. Фотопревращение радикалов, возникающих при декарбоксилировании пептидов / А. П. Костиков, С. В. Волощенко, В. П. Овчаренко, Н. С. Пугачева // Биофизика. – 1990. – Т. 35, вып. 4. – С. 560–563.
36. Методические указания к изучению основных понятий молекулярной физики / В. П. Овчаренко, А. П. Костиков; Славян. гос. пед. ин-т. – Славянск : СГПИ, 1991. – 30 с.
37. Заселенность триплетно-возбужденных состояний триптофанилов и тирозилов в белках / К. М. Львов, С. В. Кузнецов, С. Б. Бибилов, А. П. Костиков // Биофизика. – 1993. – Т. 38, вып. 5. – С. 741–745.
38. Использование ЭВМ в лабораторных работах по физике / А. П. Костиков, В. П. Овчаренко, Р. В. Олейник // Компьютерные программы учебного назначения : тез. докл. I Междунар. конф., 3-5 сент. 1993 г. – Донецк, 1993.
39. Кинетическая модель эффекта обратимого снижения заселенности триплетного состояния триптофана при действии света / К. М. Львов, С. В. Кузнецов, А. П. Костиков // Биофизика. – 1993. – Т. 38, вып. 4. – С. 574–579.
40. Обратимое снижение интенсивности фосфоресценции триптофана при действии света в области триплетного поглощения при 77 К / К. М. Львов, С. В. Кузнецов, А. П. Костиков // Биофизика. – 1993. – Т. 38, вып. 4. – С. 568–573.
41. Один из перспективных путей решения важной педагогической проблемы / В. П. Овчаренко, А. П. Костиков, Р. В. Олейник. // Альтернативные идеи, подходы, технологии обучения и образования : тез. докл. – Тернополь, 1993.
42. Удосконалення методики демонстрації вихрових струмів / В. Н. Ткаченко, А. П. Костиков // Розвиток технічної і прикладної творчості молоді та фізико-технічного експерименту : тез. докл. – Тернополь, 1993.

перименту : тез. доп. і повід. наук.-практ. конф. / М-во освіти України, Рівнен. держ. пед. ін-т, Рівнен. обл. ін-т удоскон. вчит.; редкол.: В. І. Тищук, М. С. Янцур, В. У. Хільковець. – Рівне, 1993. – Ч. 2. – С. 157.

43. The radical formation mechanism of aliphatic amino acids sensibilized by tryptophan at 77K / A. P. Kostikov, V. P. Ovcharenko, S. V. Kuznetsov, K. M. L'vov // 3rd International Meeting "Amino acids, peptides and its analogues" (Vienna, 5-8 August, 1993). – Austria, 1993.

44. Декарбоксилирование аминокислот и пептидов в фотореакции с феррицианидом калия при 77 К / А. П. Костиков, В. П. Овчаренко, К. М. Львов, С. В. Кузнецов // Биофизика. – 1994. – Т. 39, вып. 6. – С. 968-971.

45. Индуктивно-резонансный перенос энергии между молекулами триптофана в триплетно-возбужденном состоянии / К. М. Львов, С. В. Кузнецов, С. Б. Бибииков, А. П. Костиков // Биофизика. – 1994. – Т. 39, вып. 2. – С. 213-217.

46. Исследование фотофизики и фотохимии порфиринов, ароматических аминокислот и белков : дис. ... д-ра физ.-мат. наук : 03.00.02 / Костиков Александр Петрович; Ин-т химической физики им. Н. Н. Семенова РАН, Слав. гос. пед. ин-т. – М., 1994. – 262 с.

47. Исследование фотофизики и фотохимии порфиринов, ароматических аминокислот и белков : автореф. дис. на соискание науч. степени... д-ра физ.-мат. наук : спец. 03.00.02 "Биофизика" / А. П. Костиков; Ин-т химической физики им. Н. Н. Семенова РАН, Слав. гос. пед. ин-т. – М., 1994. – 49 с.

48. До проблем технології вивчення фізики / Р. В. Олійник, В. П. Овчаренко, О. П. Костіков // Шляхи удосконалення фундаментальної і професійної підготовки вчителів фізики : тези доп. II Всеукр. конф., 24-25 трав. 1995 р. / М-во освіти України, Київ. держ. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова, ІСДО; редкол. : М. І. Шут (гол.), Г. П. Грищенко, В. В. Левандовський, Т. Г. Січкач. – Київ, 1995. – Ч. 1. – С. 21.

49. Інтегрований курс фізики як перспективна модель фахової дисципліни / В. П. Овчаренко, Р. В. Олійник, О. П. Костіков // Методичні особливості викладання фізики на сучасному етапі : матеріали доп. II Міжвуз. наук.-практ. конф. – Кіровоград, 1996. – Ч. 1. – С. 91-92.

50. О подготовке студентов педвуза к организации проблемного обучения в школе / В. П. Овчаренко, Р. В. Олейник, А. П. Костиков // Методологические, дидактические и психологические аспекты проблемного обучения : материалы IV Междунар. науч.-метод. конф. – Донецк, 1996. – С. 86.

51. До проблеми викладання фундаментальних дисциплін під час підготовки вчителя праці / Р. В. Олійник, В. П. Овчаренко, О. П. Костіков // Проблеми трудової і професійної підготовки : наук.-метод. зб. / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ін-т; [відп. ред. і уклад. В. В. Стешенко]. – Київ; Слов'янськ, 1997. – Вип. 1. – С. 49-51.

52. Значення деяких технологій викладання фізики в поглибленні професійної підготовки вчителя трудового навчання / В. П. Овчаренко, О. П. Костіков, Р. В. Олійник // Трудова підготовка школярів та підготовка вчителів трудового навчання: історія, сучасність, перспективи розвитку : матеріали наук.-практ. конф., присвяч. 25-річчю технол. ф-ту СДПІ, 2-3 жовт. 1997 р. / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ін-т; [відп. ред. і уклад. В. В. Стешенко] – Київ; Слов'янськ, 1997. – С. 167-169.

53. Особенности преподавания фундаментальных дисциплин при подготовке учителя технологий / Р. В. Олейник, В. П. Овчаренко, А. П. Костиков // Трудова підготовка школярів та підготовка вчителів трудового навчання: історія, сучасність, перспективи розвитку : матеріали наук.-практ. конф. присвяч. 25-річчю технол. Ф-ту СДПІ, 2-3 жовт. 1997 р. / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ін-т; [відп. ред. і уклад. В. В. Стешенко].

– Київ; Слов'янськ, 1997. – С. 60-62.

54. Підготовка студентів до організації навчального фізичного експерименту в школах / В. П. Овчаренко, Р. В. Олійник, О. П. Костіков // Стандарти фізичної освіти в Україні: технологічні аспекти управління навчально-пізнавальної діяльності : матеріали доп. Всеукр. наук.-метод. конф., квітень, 1997р. / Кам'янець-Подільський держ. пед. ун-т. – Кам'янець-Подільський, 1997. – С. 92-93.

55. Рівень пізнавальної самостійності учнів як основа рівня навчання фізики / В. П. Овчаренко, Р. В. Олійник, О. П. Костіков // Стандарти фізичної освіти в Україні: технологічні аспекти управління навчально-пізнавальної діяльності : матеріали доп. Всеукр. наук.-метод. конф., квітень, 1997р. / Кам'янець-Подільський держ. пед. ун-т. – Кам'янець-Подільський, 1997. – С. 50-51.

56. Значення деяких технологій викладання фізики в поглибленні професійної підготовки вчителя трудового навчання / В. П. Овчаренко, О. П. Костіков, Р. В. Олійник // Проблеми освіти : наук.-метод. зб. / М-во освіти України, Ін-т системних досліджень освіти; ред. кол.: М. З. Згуровський (голов. ред.) та ін. – Київ, 1998. – Вип. 11. – С. 140-142.

57. Ідеї гуманітаризації викладання фізики в школі / Р. В. Олійник, В. П. Овчаренко, О. П. Костіков // Гуманізація навчально-виховного процесу : наук.-метод. зб. / М-во освіти України, Ін-т змісту і методів навчання, Слов. держ. пед. ін-т; за заг. ред. Г. І. Легенького, В. І. Сипченка. – Слов'янськ, 1998. – Вип. 3. – С. 71-73.

58. Навчально-дослідні завдання як засіб поліпшення методичної підготовки майбутнього вчителя / Р. В. Олійник, В. П. Овчаренко, О. П. Костіков // Методичні особливості викладання фізики на сучасному етапі : зб. наук. пр. / М-во освіти України, АПН України, Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова, Кіровоград. держ. пед. ун-т ім. В. Винниченка. – Кіровоград, 1998. – Ч. 2. – С. 96-97.

59. Шляхи підготовки вчителів фізики до розв'язування професійних задач / В. П. Овчаренко, О. П. Костіков, Р. В. Олійник // Методичні особливості викладання фізики на сучасному етапі : зб. наук. пр. / М-во освіти України, АПН України, Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова, Кіровоград. держ. пед. ун-т ім. В. Винниченка. – Кіровоград, 1998. – Ч. 2. – С. 86-88.

60. Формування світоглядної культури у студентів при викладанні фізики / В. П. Овчаренко, Р. В. Олійник, О. П. Костіков // Гуманізація навчально-виховного процесу : наук.-метод. зб. / М-во освіти України, Ін-т змісту і методів навчання, Слов. держ. пед. ін-т; за заг. ред. Г. І. Легенького, В. І. Сипченка. – Слов'янськ, 1999. – Вип. 5. – С. 65-70.

61. Використання деяких дидактичних засобів технологій навчання в підготовки вчителя фізики / Р. В. Олійник, В. П. Овчаренко, О. П. Костіков // Активізація навчальної діяльності у вищій і загальноосвітній школі : зб. наук. тез (за підсумками роботи Міжнар. конф. "Активізація навчальної діяльності у вищій і загальноосвітній школі", 27-28 верес. 2000 р.) / під ред. В. К.Буряка, Л. В.Кондрашової. – Кривий Ріг, 2000.

62. Інтенсифікація процесу навчання фізиці за рахунок використання особливих дидактичних засобів / В. П. Овчаренко, О. П. Костіков, Р. В. Олійник // Фундаментальна та професійна підготовка фахівця з фізики : матеріали V Всеукр. наук. конф., 6-7 черв. 2000 р. / Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – Київ, 2000. – С. 107.

63. Формування у студентів педвузу готовності до здійснення диференційованого навчання учнів / Р. В. Олійник, В. П. Овчаренко, О. П. Костіков // Фундаментальна та професійна підготовка фахівця з фізики : матеріали V Всеукр. наук. конф., 6-7 черв. 2000 р. / Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – Київ, 2000. – С. 68.

64. Формування контрольно-оціночної функції діяльності майбутнього вчителя / Р. В. Олійник, В. П. Овчаренко, О. П. Костиков // Проблеми трудової і професійної підготовки : наук.-метод. зб. / М-во освіти і науки України, АПН України, Ін-т педагогіки, М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ін-т; під ред. В. В. Стешенка. – Слов'янськ, 2001. – Вип. 5. – С. 47-49.
65. Эффективные технологии подготовки студентов к педагогической практике / Р. В. Олейник, В. П. Овчаренко, А. П. Костиков, А. З. Калимбет // Теория и методика обучения математике, физике, информатике. – 2001. – Т. 1, № 2 (2). – С. 233-237.
66. Исследование механизма дезактивации фосфоресцентного состояния триптофана через высоковозбужденное триплетное состояние / А. П. Костиков, В. П. Овчаренко // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (квіт. 2003 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2003. – Вип. 2. – С. 3-9.
67. Применение оптимизационных методов дидактики в подготовке учителя физики / В. П. Овчаренко, А. П. Костиков, Р. В. Олейник // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (квіт. 2003 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2003. – Вип. 2. – С. 10-14.
68. Isotopic $^{18}\text{F}/^{19}\text{F}$ exchange in the flumazenil molecule using K18F/Kryptofix complex / R. N. Krasikova, N. N. Ryzhikov, N. A. Gomzina, D. A. Vassiliev, A. P. Kostikov, O. S. Fedorova // Journal of labelled compounds and radiopharmaceuticals. – 2003. – Т. 46, №3. – Р. 213.
69. Light induced deactivation of tryptophan phosphorescence in proteins / A. P. Kostikov // Biophysical Journal. – 2003. – V. 84 (Suppl 2 Pt 2), feb. – Р. 500A.
70. Молекулярная физика и термодинамика : метод. пособие по решению задач / А. П. Костиков, В. П. Овчаренко, В. В. Масич; Славян. гос. пед. ун-т. – Славянск : СГПУ, 2004. – 68 с.
71. Исследование конформаций триптофанового аминокислотного остатка в белках / А. П. Костиков, Ю. С. Капинос // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (трав. 2004 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2004. – Вип. 3. – С. 3-6.
72. Использование метода изотопного обмена для получения [^{18}F] флюмазенила – потенциального радиолиганда для визуализаций центральных бензодиазепиновых рецепторов методом ПЭТ / Н. Н. Рыжиков, Н. А. Гомзина, О. С. Федорова, Д. А. Васильев, А. П. Костиков, Р. Н. Красикова // Радиохимия. – 2004. – Т. 46, № 3. – С. 267-371.
73. Корреляция предельной концентрации УФ-индуцированных радикалов белка с особенностями их структуры / И. С. Баркова, А. П. Костиков, В. П. Овчаренко // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (трав. 2004 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2004. – Вип. 3. – С. 9-13.
74. Применение метода молекулярного динамического моделирования в биофизике / А. П. Костиков // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (трав. 2004 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2004. – Вип. 3. – С. 7-9.
75. Пути повышения эффективности самостоятельной работы студентов при изучении общего курса физики / В. П. Овчаренко, А. П. Костиков, В. В. Масич // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (трав. 2004 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2004. – Вип. 3. – С. 14-16.

76. Влияние аминокислотного состава бета-структуры белка на динамику его сворачивания-разворачивания белка. Молекулярно-динамическое моделирование / Т. И. Корниенко, А. П. Костиков // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (квіт. 2005 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2005. – Вип. 4. – С. 18-22.
77. Влияние аминокислотного состава в области изгиба полипептидной цепи на динамику сворачивания-разворачивания бета-спиральки белка. Молекулярно-динамическое моделирование / И. С. Баркова, А. П. Костиков // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (квіт. 2005 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2005. – Вип. 4. – С. 9-12.
78. Исследование роли гидрофобного участка бета-структуры белка на процессы его сворачивания-разворачивания белка. Молекулярно-динамическое моделирование / Ю. С. Капинос, А. П. Костиков // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (квіт. 2005 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2005. – Вип. 4. – С. 22-25.
79. Модельные системы для анализа бета-структур белка / М. А. Закутняя, А. П. Костиков, В. П. Овчаренко // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (квіт. 2005 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2005. – Вип. 4. – С. 12-14.
80. Разработка и создание программных инструментов для анализа результатов молекулярно-динамического моделирования белков / Г. И. Московский, А. П. Костиков // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (квіт. 2005 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2005. – Вип. 4. – С. 14-18.
81. Методичні вказівки до лабораторних робіт з молекулярної фізики та термодинаміки / В. П. Овчаренко, О. П. Костіков, І. В. Святкіна, С. Г. Жусова; Слов. держ. пед. ун-т. – Слов'янськ : СДПУ, 2006. – 93 с.
82. Дослідження динаміки бета-структури макромолекул методом комп'ютерного моделювання / О. П. Костіков // Вісник Слов'янського державного педагогічного університету : зб. наук. пр. / відп. ред. В. І. Рукасов. – Слов'янськ, 2006. – Вип. 2. – С. 22-30.
83. Исследование процессов разворачивания белков и пептидов методом молекулярно-динамического моделирования / А. П. Костиков // IV з'їзд Українського біофізичного товариства (Донецьк, 19-21 груд. 2006 р.). : тез. доп. – Донецьк, 2006, – С. 305-306.
84. Исследование роли воды в динамике молекул при использовании метода МДМ // А. В. Бакаляр, А. П. Костиков // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (квіт. 2006 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2006. – Вип. 5. – С. 7-10.
85. Поиск минимальной модели для исследования динамики бета-спиральки методом МДМ / В. И. Беспалый, А. П. Костиков // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (квіт. 2006 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2006. – Вип. 5. – С. 3-7.
86. Удосконалення викладання курсу загальної фізики в педвузі / В. П. Овчаренко, Р. В. Олейник, О. П. Костіков // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (квіт. 2006 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2006. – Вип. 5. – С. 89-91.

87. Исследование динамики альфа-спиральных белков методом МДМ / А. П. Костиков, Е. Е. Васюк // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (квіт. 2007 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2007. – Вип. 6, т. 2. – С. 183-187.
88. Исследование статистических закономерностей динамики молекул при использовании метода МДМ // А. П. Костиков, А. С. Углов // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (квіт. 2007 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2007. – Вип. 6, т. 2. – С. 187-193.
89. Исследование динамики белков термофильных организмов методом МДМ А. П. Костиков, Н. В. Скворцова // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (квіт. 2008 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2008. – Вип. 8, т. 3. – С. 76-80.
90. Исследование динамики молекул при высоких давлениях методом МДМ / А. П. Костиков, Я. В. Батан // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (квіт. 2008 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2008. – Вип. 8, т. 3. – С. 72-76.
91. Методичні матеріали для самостійної роботи студентів з механіки: (для студентів фізико-математичних факультетів) / В. П. Овчаренко, О. П. Костіков; М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т, фізико-мат. ф-т, каф. фізики. – Слов'янськ : [б. в.], 2008. – 78 с.
92. Исследование динамики водородных связей в белках при высоких давлениях методом МДМ / А. П. Костиков, Ю. А. Садо // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (квіт. 2009 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2009. – Вип. 9, т. 4. – С. 117-122.
93. Исследование динамики триптофана в полипептидах и белках / А. П. Костиков, А. В. Фомовский // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (квіт. 2009 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2009. – Вип. 9, т. 4. – С. 126-130.
94. Исследование неравновесных свойств молекул белков / А. П. Костиков, Скакуненко А. Г. // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (квіт. 2009 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2009. – Вип. 9, т. 4. – С. 122-125.
95. Исследование разворачивания белков при механических возмущениях / А. П. Костиков, И. В. Медведева // Пошуки і знахідки : матеріали наук. конф. Слов. держ. пед. ун-ту (квіт. 2009 р.) / М-во освіти і науки України, Слов. держ. пед. ун-т; уклад. В. К. Сарієнко. – Слов'янськ, 2009. – Вип. 9, т. 4. – С. 112-117.
96. Исследование α -спиральных структур полипептидов и белков с использованием метода Управляемой Молекулярной Динамики / Ю. А. Мазурина, А. П. Костиков // Пошуки і знахідки. Серія: фізико-математичні науки : зб. наук. пр. – 2010. – Вип. 10, т. 1. – С. 107-111.
97. Исследование когерентной динамики белков / А. В. Кулик, А. П. Костиков // Пошуки і знахідки. Серія: фізико-математичні науки : зб. наук. пр. – 2010. – Вип. 10, т. 1. – С. 103-107.
98. Исследование промежуточных состояний самосборки белков методами моделирования молекулярной динамики / Р. А. Бутенко, А. П. Костиков // Пошуки і знахідки. Серія: фізико-математичні науки : зб. наук. пр. – 2010. – Вип. 10, т. 1. – С. 95-98.

99. Исследование роли гидрофобных взаимодействий для устойчивости беташпильки методом МДМ с использованием УМД / Д. А. Кривошеев, А. П. Костиков // Пошуки і знахідки. Серія: фізико-математичні науки : зб. наук. пр. – 2010. – Вип. 10, т. 1. – С. 99-103.
100. Исследование сворачивания-разворачивания белков термофильных организмов с использованием метода Управляемой Молекулярной Динамики / В. В. Худько, А. П. Костиков // Пошуки і знахідки. Серія: фізико-математичні науки : зб. наук. пр. – 2010. – Вип. 10, т. 1. – С. 111-115.
101. Кооперативные взаимодействия в молекуле альфа-спирального белка / М. В. Грунская, А. П. Костиков // Збірник наукових праць фізико-математичного факультету СДПУ. – 2011. – Вип. 1. – С. 96-101.
102. N-(4-(Di-tert-butyl[18F]Fluorosilyl)Benzyl)-2-Hydroxy-N,N Dimethylethylammonium Bromid ([18F]SIFAN+BR-): a novel lead compound for the development of hydrophilic sifa-based prosthetic groups FOR18F-labeling / A. P. Kostikov, J Chin, E. Schirmacher, R. Schirmacher, L., Iovkova, K Jurkschat, B. Wängler, C Wängler, G. Cosa // Journal of fluorine chemistry. – 2011. – Т. 132, № 1. – С. 27-34.
103. Исследование сворачивания альфа-спирального белка методом управляемой молекулярной динамики / А. П. Костиков // Збірник наукових праць фізико-математичного факультету СДПУ. – 2012. – Вип. 2. – С. 109-114.
104. Акмеологические технологии в подготовке магистрантов на контекстной основе / В. П. Овчаренко, Р. В. Олійник, О. П. Костіков // Zbiór raportów naukowych. "Nauka dziś: teoria, metodologia, praktyka", (28.09.2013-30.09.2013). – Wrocław, 2013. – Część 3/1. – S. 58-61.
105. Інноваційні технології навчання фізики / В. П. Овчаренко, О. П. Костіков, Р. В. Олійник // Наукові записки КДПУ. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти / ред. кол.: С. П. Величко [та ін.]. – Кіровоград, 2013. – Вип. 4, ч. 2. – С. 174-178.
106. Інноваційні технології навчання фізики в педагогічному навчальному закладі / В. П. Овчаренко, О. П. Костіков, Р. В. Олійник // Засоби і технології сучасного навчального середовища : матеріали Міжнар. IX (XIX) наук.-практ. конф., (Кіровоград, 17-18 трав. 2013 р.) / відп. ред. : С. П. Величко. – Кіровоград, 2013. – С. 127-128.
107. Методичні аспекти організації контролю за самостійною роботою студентів при вивченні фізики / О. П. Костіков, В. П. Овчаренко, Р.В Олійник // Zbiór raportów naukowych. "Nauka dziś: teoria, metodologia, praktyka", (28.09.2013-30.09.2013). – Wrocław, 2013. –Część 3/2. – S. 9-13.
108. Інтерактивні технології перевірки та контролю навчальних досягнень учнів з фізики / В. П. Овчаренко, І. Г. Сімоніна, О. П. Костіков // Zbiór raportów naukowych. "Współczesna nauka. Nowe perspektywy", (30.01.2014-31.01.2014 r., Bydgoszcz). – Warszawa, 2014. – Część 3/1. – S. 115-118.
109. Організація роботи з обдарованими та здібними дітьми в сільській школі при вивченні природничих дисциплін / П. К. Панченко, О. П. Костіков // Zbiór raportów naukowych. "Współczesna nauka. Nowe perspektywy", (30.01.2014-31.01.2014 r., Bydgoszcz). – Warszawa, 2014. – Część 3/2. – S. 69-72.
110. EXTERNAL AWARENESS AND GABA-A MULTIMODAL IMAGING STUDY COMBINING FMRI AND [18F]FLUMAZENIL-PET / C. Wiebking , N. W Duncan, P. Qin, D. J. Hayes, O. Lyttelton, G. Northoff, P. Gravel, J. Verhaeghe, A. P. Kostikov, R. Schirmacher, A. J. Reader, M. Bajbouj // Human brain mapping. – 2014. – Т. 35, № 1. – P. 173-184.

111. Використання системи WolframAlpha на уроках фізики у ЗОШ / К. С. Дзина, О. П. Костиков // Zbiór raportów naukowych. "Pedagogika. Problemy, osiągnięcia, innowacyjność, praktyki, teoria", (29.04.2015-30.04.2015 r., Łódź.). – Warszawa, 2015. – Część 1. – S. 54-57.
112. Исследование особенностей накопления предельной концентрации УФ-индуцированных радикалов белка в замороженных до 77 К растворах / А. П. Костиков, В. П. Овчаренко // Zbiór raportów naukowych. "Współczesna nauka. Nowy wygląd", (30.01.2015-31.01.2015 r., Wrocław). – Warszawa, 2015. – Część 1. – S. 25-29.
113. Інтеграційні зв'язки – необхідна умова інновацій в учбовому процесі / В. П. Овчаренко, І. Л. Щербіна, А. П. Костиков // Zbiór raportów naukowych. "Współczesna nauka. Nowy wygląd", (30.01.2015-31.01.2015 r., Wrocław). – Warszawa, 2015. – Część 1. – S. 37-41.
114. Механизм обратимого фотоиндуцированного снижения заселенности триплетного состояния триптофана / А. П. Костиков // Zbiór artykułów naukowych Konferencji Międzynarodowej NaukowoPraktycznej organizowanej dla pracowników naukowych uczelni, jednostek naukowo-badawczych "Obiecujące osiągnięcia naukowe Pedagogika" (30.09.2017). – Warszawa, 2017. – S. 12-18.
115. Роль карбонильной группы в обратимом фотоиндуцированном тушении флуоресценции триптофана и его аналогов / А. П. Костиков // Zbiór artykułów naukowych Konferencji Międzynarodowej NaukowoPraktycznej organizowanej dla pracowników naukowych uczelni, jednostek naukowo-badawczych "Obiecujące osiągnięcia naukowe Pedagogika" (30.09.2017). – Warszawa, 2017. – S. 24-27.
116. Механизм образования радикалов алифатических аминокислот в фотореакциях с участием триптофана / А. П. Костиков // SCIENCE, RESEARCH, DEVELOPMENT = НАУКА, ИССЛЕДОВАНИЯ, РАЗВИТИЕ : monogr. pokonf. (29.09.2018-30.09.2018 r. Poznań/Poznan). – Warszawa, 2018. – № 9. – Р. 34-39.
117. Светоиндуцированная дезактивация флуоресценции триптофана, роль карбонильной группы в механизме этого процесса / А. П. Костиков // Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ. – 2018. – Вип. 8. – С. 65-70.
118. Сенситивизированные фотохимические реакции триптофана с алифатическими аминокислотами / А. П. Костиков // Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ. – 2018. – Вип. 8. – С. 71-78.
119. Влияние геометрии молекулы белка в окрестности его триптофановых остатков на фотофизические свойства этих остатков / А. П. Костиков // SCIENCE, RESEARCH, DEVELOPMENT = НАУКА, ИССЛЕДОВАНИЯ, РАЗВИТИЕ : monograf. pokonf. (29.09.2019-30.09.2019 r. Poznań/Poznan). – Warszawa, 2019. – № 21. – Р. 9-13.
120. Структурные особенности триптофана влияющие на светоиндуцированную дезактивацию флуоресценции белков / А. П. Костиков // Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ. – 2019. – Вип. 9. – С. 52-59.

МАТЕМАТИКА

УДК 519.175

Кадубовський О.А., Сипчук Є.Ю.

¹ канд. фізико-математичних наук, доцент каф. математики та інформатики, ДВНЗ «ДДПУ»
e-mail: kadubovs@ukr.net, ORCID 0000-0003-2045-810X

² студент 1 курсу магістратури фізико-математичного факультету, ДВНЗ «ДДПУ»
e-mail: sypchuk_egor@ukr.net, ORCID 0000-0003-0913-0461

ПРО ЧИСЛО НЕІЗОМОРФНИХ ДВОКОЛЬОРОВИХ ХОРДОВИХ O -ДІАГРАМ РОДУ 2, ЯКІ МАЮТЬ ОДИН СІРИЙ (АБО ЧОРНИЙ) ЦИКЛ

Для натуральних $n \geq 5$ встановлено явні формули для підрахунку числа неізоморфних 2-кольорових хордових O -діаграм (з n хордами), які мають лише один сірий (чорний) та $(n - 4)$ чорних (відповідно сірих) циклів відносно дії циклічної групи (порядку n). Крім того, для натуральних 5 і 6 в явному вигляді наведено всі неізоморфні діаграми із зазначених класів, а для натуральних $5 \leq n \leq 36$ наведено точні значення числа неізоморфних таких діаграм.

Ключові слова: 2-кольорова хордова O -діаграма з n хордами, род діаграми, цикл діаграми, циклічна група.

Вступ

Нагадаємо, що хордовою діаграмою або, коротко, n -діаграмою називають конфігурацію на площині, що складається з кола, $2n$ точок на ньому (які є вершинами правильного $2n$ -кутника) та n хорд, що сполучають вказані точки.

Хордові діаграми називають *ізоморфними*, якщо одну можна одержати з іншої в результаті повороту.

Діаграми називають *еквівалентними*, якщо їх можна сумістити за допомогою повороту, дзеркального відбиття, або ж їх композиції.

Питаннями переліку певних класів хордових n -діаграм (відносно дії циклічної групи порядку $2n$ та дієдральної групи порядку $4n$) займалась ціла низка відомих математиків: T.R.S. Walsh, A.B. Lehman, J. Riordan, J. Harer, D. Zagier. Серед сучасників слід виділити авторів робіт [7], [2], [8], [5], [1].

Задачі про підрахунок числа неізоморфних та нееквівалентних n -діаграм були повністю розв'язані у 1997–1998 рр. в роботах [7], [5], [2], [8].

Явні формули для підрахунку числа неізоморфних *планарних* (роду 0), *тороїдальних* (роду 1) n -діаграм та $2m$ -діаграм максимального роду m було встановлено у 2000 р. в роботі [2]. Причому задача про підрахунок числа нееквівалентних діаграм максимального роду була повністю розв'язана лише у 2017 р. в роботі [6].

Слід констатувати, що *одержання явних формул для підрахунку числа неізоморфних (а тому і нееквівалентних)*, зокрема двокольорових, n -діаграм *фіксованого роду* виявилось досить складною задачею і в загальному випадку до сьогодні *нерозв'язаною проблемою*.

Для **двокольорових** діаграм найбільш вагомими є наступні результати: задачі про підрахунок числа неізоморфних та нееквівалентних O - і N -діаграм (відповідно) повністю розв'язано в 2010 р. у роботі [11];

формули для підрахунку числа неізоморфних та нееквівалентних O -діаграм (N -діаграм), які мають *точно один цикл певного кольору* (чорний або ж сірий) одержано в 2010 та 2012 рр. у роботах [12] і [13] відповідно;

формули для підрахунку числа неізоморфних та нееквівалентних *планарних* O -діаграм (з n хордами) було встановлено у 2000 р. в роботі [1]; проте питання про узагальнення цієї задачі на випадок фіксованого числа чорних (або ж сірих) циклів було повністю розв'язано лише у 2014 р. в роботі [14];

задача про підрахунок числа неізоморфних O -діаграм максимального роду (з 1-им чорним та 1-им сірим циклом) була розв'язана у 2006 р. в роботі [10], а про число нееквівалентних таких діаграм — лише у 2015 р. в [15].

Слід зазначити, що навіть для класу $\mathfrak{S}_{k;l}^{n,1}$ O -діаграм (з n хордами) роду 1, які мають *точно* k чорних (або ж сірих) та $l = n - k - 1$ сірих (відповідно чорних) циклів, питання про підрахунок числа нееквівалентних діаграм відносно дії циклічної та дієдральної груп в загальному випадку **залишаються відкритими**. Явні формули для підрахунку числа неізоморфних та нееквівалентних діаграм з класів $\mathfrak{S}_{n-2;1}^{n,1}$, $\mathfrak{S}_{n-3;2}^{n,1}$ та $\mathfrak{S}_{n-4;3}^{n,1}$ (для початкових $l = 1$, $l = 2$ та $l = 3$) одержано в роботах [16], [17] і [18] відповідно. Явні формули для підрахунку числа неізоморфних діаграм з більш ємного класу $\mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,1}$ двокольорових хордових O -діаграм (з n хордами) роду 1 (без фіксації кількості чорних та/або сірих циклів) одержано в роботі [19]. Задача про підрахунок числа нееквівалентних діаграм з класу $\mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,1}$ також залишається нерозв'язаною.

Дана стаття є логічним продовженням зазначеної серії робіт та присвячена встановленню формул для підрахунку числа неізоморфних діаграм з класу $\mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,2}$. А її основною метою — виклад одержаних результатів, анонсованих автором в роботі [20].

Основна частина

В подальшому через $\mathfrak{S}_{k,l}^{n,g}$ будемо позначати клас двокольорових хордових O -діаграм (з n хордами) роду g , які мають точно l сірих та k чорних циклів. Тоді, як добре відомо (напр. [11]), справджується рівність

$$2g = n + 1 - k - l. \quad (1)$$

Більш детально з основними поняттями та попередніми відомостями з теорії переліку двокольорових хордових діаграм, можна ознайомитися в роботах [11], [16], [17].

1.1. Число діаграм з класу $\mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,2}$ та його характеристичні підкласи

У 1997 р. в роботі [9, С. 4] вперше встановлено рекурентні формули, за допомогою яких є принципово можливим підрахунок числа діаграм з класу $\mathfrak{S}_{k,l}^{n,g}$ ($2g = n + 1 - k - l$).

Крім того, для початкових $g = 0; 1; 2; 3$ в [9, С. 8-9] встановлено явні формули, які пізніше також були одержані та уточнені й в [4, С. 833], а в роботі [3, С. 888] — для цілих $g \geq 0$ запропоновано іншу рекурентну формулу.

Для випадку $g = 2$ в роботі [4] наведено наступну формулу

$$d(n; k, l) = \frac{1}{6!} \cdot q_2(k; l) \cdot C_{n+1}^2 \cdot C_{n-1}^{k-1} \cdot C_{n-1}^{l-1}, \quad (2)$$

де

$$q_2(k; l) = 13(k^2 + l^2) + 5kl(k + l) + 86(k + l) + 47kl + 129. \quad (3)$$

В нашому випадку $g = 2$, $l = 1$. Звідки, з урахуванням формули (1), $k = n - 4$. І тому

$$\begin{aligned} & q_2(n-4; 1) = \\ & = 13((n-4)^2 + 1) + 5(n-4)(n-3) + 86(n-3) + 47(n-4) + 129 = \\ & = 13(n^2 - 8n + 17) + 5(n^2 - 7n + 12) + 86(n-3) + 47(n-4) + 129 = \\ & = 18n^2 - 6n - 36 = 6(3n^2 - n - 6). \end{aligned}$$

Таким чином, з урахуванням формули (2), маємо що

$$d(n; n-4, 1) = \frac{(3n^2 - n - 6)}{5!} \cdot C_{n+1}^2 \cdot C_{n-1}^4 = \frac{(3n^2 - n - 6)}{8} \cdot C_{n+1}^6$$

та справедливність наступного

Твердження 1. Для довільного натурального $n \geq 5$ число $d(n)$ діаграм з класу $\mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,2}$ можна знайти за формулою

$$\left| \mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,2} \right| = \frac{(3n^2 - n - 6)}{8} \cdot C_{n+1}^6 = d(n). \quad (4)$$

Зауваження 1. Оскільки діаграми з класу $\mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,2}$ (крім 1 сірого циклу) мають точно $k = n - 4$ чорних циклів (які містять всі n чорних дуг двокольорового $2n$ -шаблону), то кожна з таких діаграм може мати лише один з наступних наборів чорних циклів:

- або один 5-цикл (довжини 5) та $(n - 5)$ 1-циклів (довжини 1);
- або один 4-цикл, один 2-цикл та $(n - 6)$ 1-циклів;
- або два 3-цикли та $(n - 6)$ 1-циклів;
- або один 3-цикл, два 2-цикли та $(n - 7)$ 1-циклів;
- або чотири 2-цикли та $(n - 8)$ 1-циклів.

Таким чином, всі діаграми з класу $\mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,2}$ умовно можна поділити на п'ять зазначених вище класів — A , B , D , E та F відповідно.

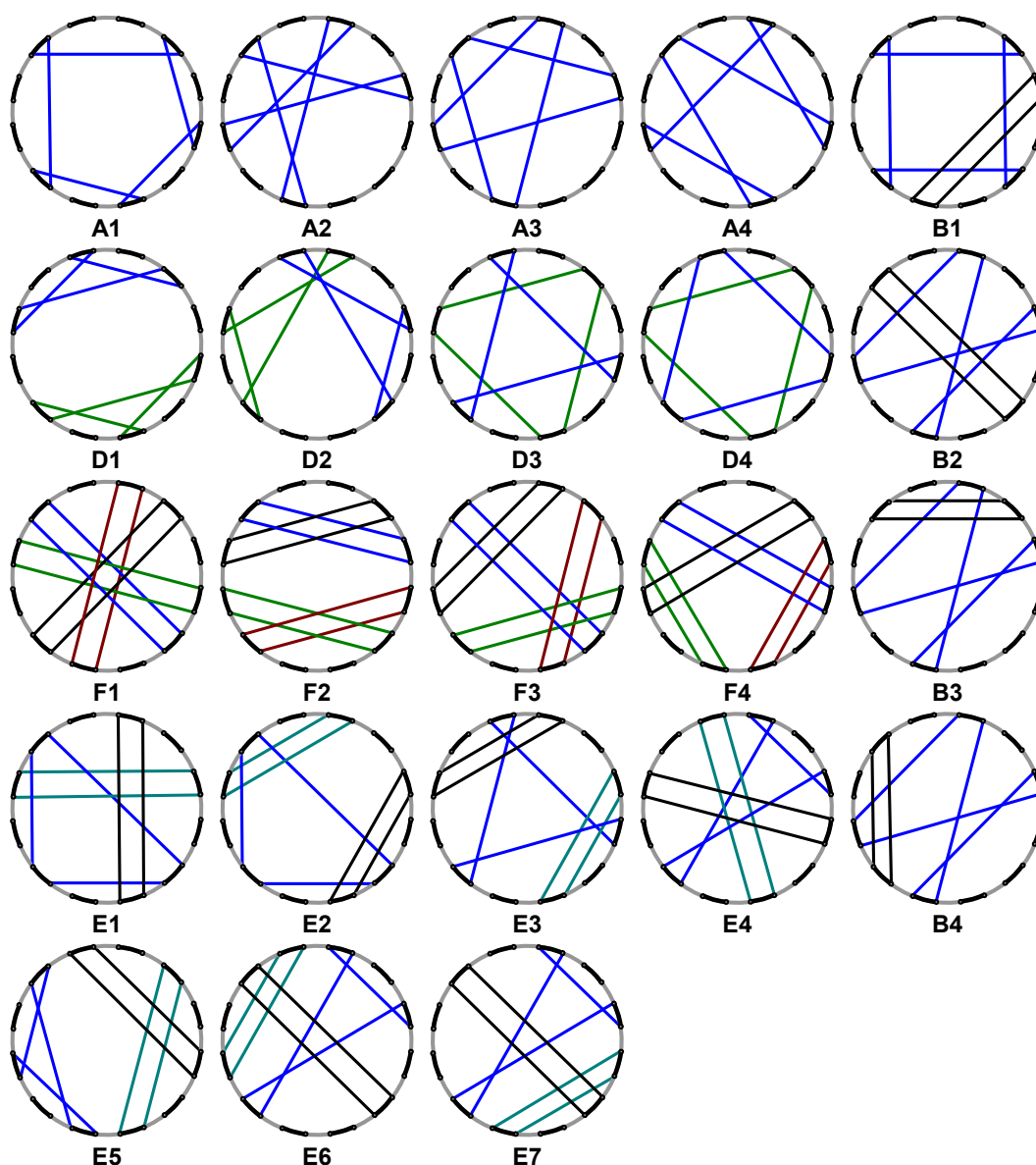


Рис. 1: типові представники характеристичних підкласів діаграм з класу $\mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,2}$

Якісний аналіз можливих типів діаграм із класів A , B , D , E і F дозволяє виділити лише 23 підкласи (об'єднання яких дає $\mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,2}$ та перетин будь-яких двох із них є порожньою множиною), типові представники яких зображено на рис. 1 та (заради зручності) позначено у спосіб: $A1-A4$, $B1-B4$, $D1-D4$, $E1-E7$ та $F1-F4$ відповідно.

1.2. Число неізоморфних діаграм з класу $\mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,2}$

За лемою Бернсайда (див. напр. [2], [11], [12]) число $d^*(n)$ неізоморфних (нееквівалентних відносно дії циклічної групи порядку n) діаграм з класу $\mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,2}$ можна знайти за допомогою співвідношення

$$d^*(n) = \frac{1}{n} \left(d(n) + \sum_{i|n, i \neq n} \phi\left(\frac{n}{i}\right) \cdot \rho(n, i) \right), \quad (5)$$

де: $d(n) = \left| \mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,2} \right|$;

$\phi(q)$ — функція Ейлера (кількість натуральних менших за q чисел, взаємнопростих із ним), а $\rho(n, i)$ — число тих діаграм з класу $\mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,2}$, які самосуміщуються при повороті (за годинниковою стрілкою) на кут

$$\omega(n, i) = \frac{2\pi}{2n} \cdot 2i = 2\pi \cdot \frac{i}{n}.$$

Очевидно, що для дільників $i \neq n$ числа n кут $\omega(n, i) \leq 180^\circ$. Більше того, поклавши $j = \frac{n}{i}$, співвідношення (5) можна подати у вигляді

$$d^*(n) = \frac{1}{n} \left(d(n) + \sum_{j|n, j \neq 1} \phi(j) \cdot \rho\left(n, \frac{n}{j}\right) \right), \quad (6)$$

де $\rho\left(n, \frac{n}{j}\right)$ — число тих діаграм з класу $\mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,2}$, які самосуміщуються при повороті (за годинниковою стрілкою) на кут

$$\omega\left(n, \frac{n}{j}\right) = \frac{2\pi}{j},$$

де j — дільник n , $j \neq 1$.

Теорема 1. Для натуральних $n \geq 5$ число $d^*(n)$ неізоморфних (нееквівалентних відносно дії циклічної групи порядку n) діаграм з класу $\mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,2}$ можна обчислити за формулою

$$d^*(n) = \frac{1}{n} \left(\frac{(3n^2 - n - 6)}{8} \cdot C_{n+1}^6 + \sum_{j|n, j \in \{2;3;4;5;6;8\}} \phi(j) \cdot \rho\left(n, \frac{n}{j}\right) \right), \quad (7)$$

де: $\phi(q)$ – функція Ейлера; $\forall j \in N : \frac{n}{j} \notin N$ величини $\rho\left(n, \frac{n}{j}\right) \equiv 0$, а $\forall j \in \{2; 3; 4; 5; 6; 8\} : \frac{n}{j} \in N$ величини $\rho\left(n, \frac{n}{j}\right)$ визначаються за допомогою співвідношень

$$\begin{aligned} \rho\left(n, \frac{n}{5}\right) &= \frac{3n}{5}, & \rho\left(n, \frac{n}{6}\right) &= \frac{n}{6}, \\ \rho\left(n, \frac{n}{8}\right) &= \frac{n}{8}, & \rho\left(n, \frac{n}{3}\right) &= \frac{n(n-3)}{6}, \\ \rho\left(n, \frac{n}{4}\right) &= \frac{n(n-4)}{32}, & \rho\left(n, \frac{n}{2}\right) &= \frac{n(n-2)(n-4)(5n+2)}{384}. \end{aligned} \quad (8)$$

Доведення. Не важко переконатися в тому, що серед діаграм з характеристичних підкласів $A4$; $B1 - B4$, $D2$, $E1 - E7$, $F3$ та $F4$ взагалі немає таких, які самосуміщуються при повороті на певний кут

$$\omega_j = \omega\left(n, \frac{n}{j}\right) = \frac{2\pi}{j} < 2\pi, \quad \text{при } j \in \{2, \dots, n\}.$$

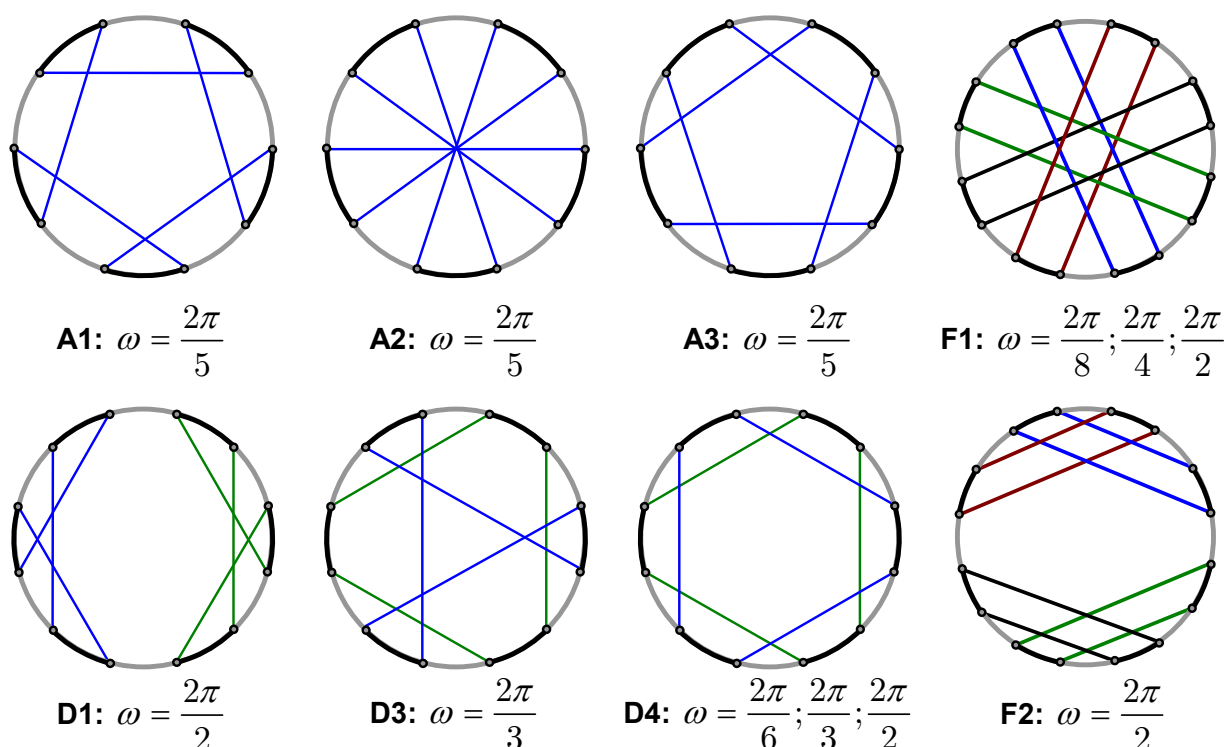


Рис. 2: всі типи діаграм з класу $\mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,2}$, які самосуміщуються при повороті на кут $\omega \leq \pi$

1) Діаграми з підкласів $A1$, $A2$ та $A3$ самосуміщуються при повороті на певний кут $\omega_j < 2\pi$ лише за умов, коли n ділиться на 5, а поворот здійснюється на кут $\omega = \frac{2\pi}{5}$ (при $j = 5$);

для натуральних $k = \frac{n}{5} \geq 1$ число таких діаграм (для кожного з підкласів $A1$, $A2$ та $A3$) становить C_k^1 ; звідки для натуральних $n = 5k \geq 5$ число зазначених діаграм становить

$$\rho_{A1} \left(n, \frac{n}{2} \right) = \rho_{A2} \left(n, \frac{n}{2} \right) = \rho_{A3} \left(n, \frac{n}{2} \right) = C_{\frac{n}{5}}^1 = \frac{n}{5}.$$

2) Діаграми з підкласу $D1$ самосуміщуються при повороті на певний кут $\omega_j < 2\pi$ лише за умов, коли n ділиться на 2, а поворот здійснюється на кут $\omega = \frac{2\pi}{2}$ (при $j = 2$);

для натуральних $k = \frac{n}{2} \geq 3$ число таких діаграм становить $3 \cdot C_k^3$; звідки для натуральних $n = 2k \geq 6$ число зазначених діаграм становить

$$\rho_{D1} \left(n, \frac{n}{2} \right) = 3 \cdot C_{\frac{n}{2}}^3.$$

3) Діаграми з підкласу $D3$ самосуміщуються при повороті на певний кут $\omega_j < 2\pi$ лише за умов, коли n ділиться на 3, а поворот здійснюється на кут $\omega = \frac{2\pi}{3}$ (при $j = 3$);

для натуральних $k = \frac{n}{3} \geq 2$ число таких діаграм становить $2 \cdot C_k^2$; звідки для натуральних $n = 3k \geq 6$ число зазначених діаграм становить

$$\rho_{D3} \left(n, \frac{n}{3} \right) = 2 \cdot C_{\frac{n}{3}}^2.$$

4) Діаграми з підкласу $F2$ самосуміщуються при повороті на певний кут $\omega_j < 2\pi$ лише за умов, коли n ділиться на 2, а поворот здійснюється на кут $\omega = \frac{2\pi}{2}$ (при $j = 2$);

для натуральних $k = \frac{n}{2} \geq 4$ число таких діаграм становить $4 \cdot C_k^4$; звідки для натуральних $n = 2k \geq 8$ число зазначених діаграм становить

$$\rho_{F2} \left(n, \frac{n}{2} \right) = 4 \cdot C_{\frac{n}{2}}^4.$$

5) Діаграми з підкласу $D4$ самосуміщуються при повороті на певний кут $\omega_j < 2\pi$ лише за умов, коли n ділиться на 2, 3 або ж на 6. Причому:

в 1-му випадку поворот здійснюється на кут $\omega = \frac{2\pi}{2}$ (при $j = 2$);

в 2-му випадку поворот здійснюється на кут $\omega = \frac{2\pi}{3}$ (при $j = 3$);

в 3-му випадку — на кут $\omega = \frac{2\pi}{6}$ (при $j = 6$).

Крім того, не важко перевірити, що:

в 1-му випадку для натуральних $k = \frac{n}{2} \geq 3$ число відповідних діаграм становить C_k^3 ; звідки для натуральних $n = 2k \geq 6$ число зазначених діаграм становить

$$\rho_{D4} \left(n, \frac{n}{2} \right) = C_{\frac{n}{2}}^3;$$

в 2-му випадку для натуральних $k = \frac{n}{3} \geq 6$ число відповідних діаграм становить C_k^2 ; звідки для натуральних $n = 3k \geq 6$ число зазначених діаграм становить

$$\rho_{D4} \left(n, \frac{n}{3} \right) = C_{\frac{n}{3}}^2;$$

в 3-му випадку для натуральних $k = \frac{n}{6} \geq 1$ число відповідних діаграм становить C_k^1 ; звідки для натуральних $n = 6k \geq 6$ число зазначених діаграм становить

$$\rho_{D4} \left(n, \frac{n}{6} \right) = C_{\frac{n}{6}}^1 = \frac{n}{6}.$$

6) Діаграми з підкласу $F1$ самосуміщуються при повороті на певний кут $\omega_j < 2\pi$ лише за умов, коли n ділиться на 2, 4 або ж на 8. Причому:

в 1-му випадку поворот здійснюється на кут $\omega = \frac{2\pi}{2}$ (при $j = 2$);

в 2-му випадку — на кут $\omega = \frac{2\pi}{4}$ (при $j = 4$);

в 3-му випадку — на кут $\omega = \frac{2\pi}{8}$ (при $j = 8$).

Не важко перевірити, що:

в 1-му випадку для натуральних $k = \frac{n}{2} \geq 4$ число відповідних діаграм становить C_k^4 ; звідки для $n = 2k \geq 8$ число зазначених діаграм становить

$$\rho_{F1} \left(n, \frac{n}{2} \right) = C_{\frac{n}{2}}^4;$$

в 2-му випадку для натуральних $k = \frac{n}{4} \geq 2$ число відповідних діаграм становить C_k^2 ; звідки для $n = 4k \geq 8$ число зазначених діаграм становить

$$\rho_{F1} \left(n, \frac{n}{4} \right) = C_{\frac{n}{4}}^2 = \frac{n(n-4)}{32};$$

в 3-му випадку для натуральних $k = \frac{n}{8} \geq 1$ число відповідних діаграм становить C_k^1 ; звідки для $n = 8k \geq 8$ число зазначених діаграм становить

$$\rho_{F1} \left(n, \frac{n}{8} \right) = \frac{n}{8}.$$

Таким чином маємо, що:

$$\rho \left(n, \frac{n}{5} \right) = \rho_{A1} \left(n, \frac{n}{2} \right) + \rho_{A2} \left(n, \frac{n}{2} \right) + \rho_{A3} \left(n, \frac{n}{2} \right) = \frac{3n}{5};$$

$$\rho \left(n, \frac{n}{6} \right) = \rho_{D4} \left(n, \frac{n}{6} \right) = \frac{n}{6}; \quad \rho \left(n, \frac{n}{8} \right) = \rho_{F1} \left(n, \frac{n}{8} \right) = \frac{n}{8};$$

$$\rho \left(n, \frac{n}{4} \right) = \rho_{F1} \left(n, \frac{n}{4} \right) = \frac{n(n-4)}{32};$$

$$\rho \left(n, \frac{n}{3} \right) = \rho_{D3} \left(n, \frac{n}{3} \right) + \rho_{D4} \left(n, \frac{n}{3} \right) = 2 \cdot C_{\frac{n}{3}}^2 + C_{\frac{n}{3}}^2 = \frac{n(n-3)}{6};$$

$$\begin{aligned} \rho \left(n, \frac{n}{2} \right) &= \rho_{D1} \left(n, \frac{n}{2} \right) + \rho_{D4} \left(n, \frac{n}{2} \right) + \rho_{F1} \left(n, \frac{n}{2} \right) + \rho_{F2} \left(n, \frac{n}{2} \right) = \\ &= 3C_{\frac{n}{2}}^3 + C_{\frac{n}{2}}^3 + C_{\frac{n}{2}}^4 + 4C_{\frac{n}{2}}^4 = 5C_{\frac{n}{2}}^4 + 4C_{\frac{n}{2}}^3 = \frac{n(n-2)(n-4)(5n+2)}{384}. \end{aligned} \quad \square$$

На рис. 3 та 4 в явному вигляді наведено всі неізоморфні (нееквівалентні відносно дії циклічної групи) діаграми з класів $\mathfrak{S}_{1;1}^{5,2}$ та $\mathfrak{S}_{2;1}^{6,2}$ відповідно.

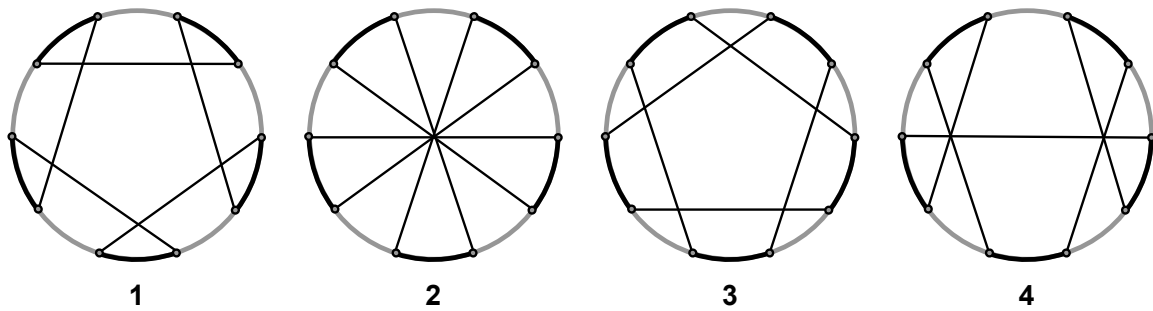


Рис. 3: всі неізоморфні діаграми з класу $\mathfrak{S}_{1;1}^{5,2}$

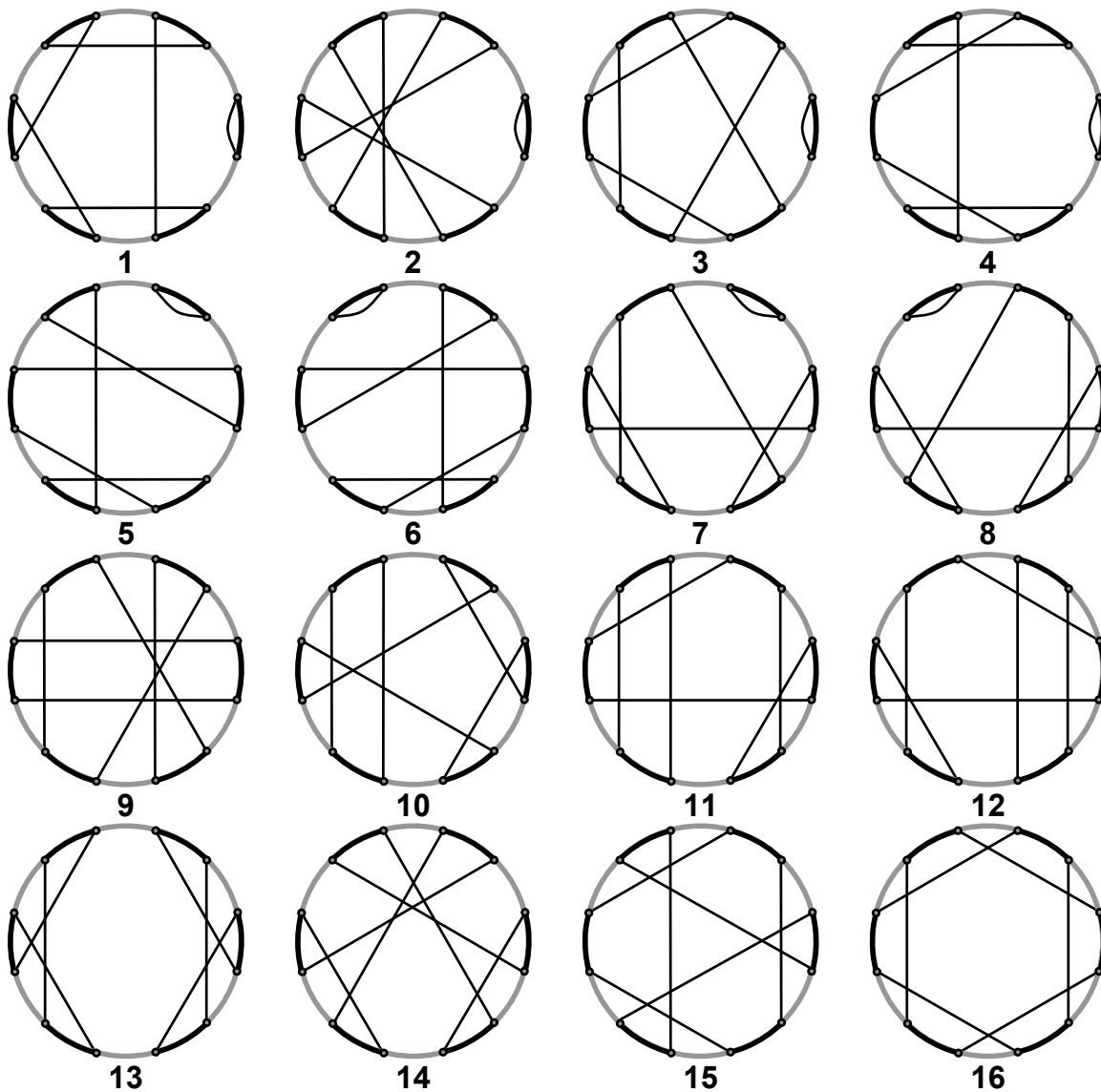


Рис. 4: всі неізоморфні діаграми з класу $\mathfrak{S}_{2;1}^{6,2}$

Додатки та прикінцеві зауваження

Зауваження 2. За допомогою одержаних формул можна підрахувати й число неізоморфних діаграм з класу $\mathfrak{S}_{1;n-4}^{n,2}$

Повторюючи міркування, аналогічні тим, що наведено у роботі [5], не важко встановити справедливність наступного твердження

Твердження 2. При $n \rightarrow \infty$ величини $d^*(n)$ та

$$\delta(n) = \frac{d(n)}{n} = \frac{(3n^2 - n - 6)(n+1)(n-1)(n-2)(n-3)(n-4)}{5760}$$

є еквівалентними нескінченно великими величинами.

n	$d(n)$	$d^*(n)$	$[\delta(n)]$	n	$d(n)$	$d^*(n)$	$[\delta(n)]$
5	8	4	1	21	12 087 306	575 592	575 586
6	84	16	14	22	17 968 566	816 858	816 753
7	469	67	67	23	26 212 571	1 139 677	1 139 677
8	1 869	237	233	24	37 589 475	1 566 377	1 566 228
9	5 985	667	665	25	53 068 015	2 122 723	2 122 720
10	16 401	1 649	1 640	26	73 854 495	2 840 739	2 840 557
11	39 963	3 633	3 633	27	101 437 245	3 756 943	3 756 935
12	88 803	7 417	7 400	28	137 637 045	4 915 841	4 915 608
13	183 183	14 091	14 091	29	184 664 025	6 367 725	6 367 725
14	355 355	25 405	25 382	30	245 181 573	8 173 019	8 172 719
15	654 654	43 650	43 643	31	322 377 804	10 399 284	10 399 284
16	1 154 062	72 166	72 128	32	420 045 164	13 126 768	13 126 411
17	1 958 502	115 206	115 206	33	542 668 764	16 444 518	16 444 508
18	3 215 142	178 678	178 619	34	695 524 060	20 457 020	20 456 590
19	5 126 010	269 790	269 790	35	884 784 516	25 279 560	25 279 557
20	7 963 242	398 242	398 162	36	1 117 639 908	31 046 082	31 045 553

Табл. 1: початкові значення величин $d(n)$, $d^*(n)$ та $[\delta(n)]$

Висновки

Таким чином, в представлений роботі розв'язано задачу про підрахунок числа неізоморфних діаграм з класу $\mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,2}$. Цілком природно подальшу роботу спрямувати на одержання явних формул для підрахунок числа нееквівалентних діаграм з класу $\mathfrak{S}_{n-4;1}^{n,2}$ та узагальнення одержаних результатів для класу $\mathfrak{S}_{k,l}^{n,2}$ на випадок довільного $1 \leq l \leq n-4$.

Література

1. Callan D., Smiley L. Noncrossing partitions under reflection and rotation; preprint, arXiv:math/0510447 [math.CO], 2000.
2. Cori R., Marcus M. Counting non-isomorphic chord diagrams. Theoretical Computer Science. 1998. Vol. 204. P. 55–73.

3. *Chapuy G.* A new combinatorial identity for unicellular maps, via a direct bijective approach. *Advances in Applied Mathematics*. 2011. Vol. 47, No. 4. P. 874–893.
4. *Goupil A., Schaeffer G.* Factoring n -cycles and counting maps of given genus. *European Journal of Combinatorics*. 1998. Vol. 19, No. 7. P. 819–834.
5. *Khruzin A.* Enumeration of chord diagrams; preprint, arXiv:math/0008209 [math.CO], 1998.
6. *Krasko E.* Counting Unlabelled Chord Diagrams of Maximal Genus; preprint, arXiv:1709.00796 [math.CO], 2017.
7. *Li B., Sun H.* Exact number of chord diagrams and an estimation of the number of spine diagrams of order n . *Chinese Science Bulletin*. 1997. Vol. 42, No. 9. P. 705–720.
8. *Stoimenov A.* Enumeration of chord diagrams and an upper bound for Vassiliev invariants. *Journal of Knot and its Ramifications*. 1998. Vol. 7, No. 1. P. 93–114.
9. *Адрианов Н.М.* Аналог формулы Харера-Цагира для одноклеточных двукрашенных карт. *Функциональный анализ и его приложения*. 1997. Том 31, № 3. С. 1–9.
10. *Кадубовський О.* Про один клас хордових діаграм максимального роду. *Вісник Київського університету Серія: фізико-математичні науки*. 2006. Вип. 1. С. 17–27.
11. *Кадубовський О.А., Сторожилова О.В., Сторожилова Н.В.* Двокольорові O - і N -діаграми. *Пошуки і знахідки. Серія: фізико-математичні науки*. 2010. Том I, Вип. 10. С. 41–50.
12. *Кадубовський О.А., Саприкіна Ю.С., Мазур С.Ю.* Двокольорові O -діаграми з одним чорним циклом. *Пошуки і знахідки. Серія: фізико-математичні науки*. 2010. Том I, Вип. 10. С. 51–60.
13. *Кадубовский А.А.* Двухцветные хордовые N -диаграммы с одним черным циклом. *Труды института прикладной математики и механики НАН Украины*. 2012. Том 24. С. 134–146.
14. *Кадубовский А.А.* О числе топологически неэквивалентных функций с одной вырожденной критической точкой типа седло на двумерной сфере, II. *Труды международного геометрического центра*. 2015. Том 8, № 1. С. 46–61.
15. *Кадубовський О.А.* Перерахування топологічно нееквівалентних гладких мінімальних функцій на замкнених поверхнях // *Топологія відображень маловимірних многовидів : Збірник праць Інституту математики НАН України*. 2015. Том 12, № 6. С. 105–145.

16. *Кадубовський О.А., Баляса Н.П.* Перерахування двокольорових хордових O -діаграм роду 1, які мають один чорний (або сірий) цикл, відносно дії циклічної та дієдральної груп. Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ. 2016. Вип. 6. С. 31–46.
17. *Кадубовський О.А., Калініченко Я.В.* Перерахування двокольорових хордових O -діаграм роду 1, які мають два чорних (або сірих) циклів, відносно дії групи дієдра. Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ. 2018. Вип. 8. С. 30–45.
18. *Кадубовський О.А.* Перерахування двокольорових хордових O -діаграм роду 1, які мають три сірих (або чорних) цикли, відносно дії групи дієдра. Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ. 2019. Вип. 9. С. 25–41.
19. *Kadubovs'kyi O.* Enumeration of topologically non-equivalent functions with one degenerate saddle critical point on two-dimensional torus. International Conference «Morse theory and its applications», dedicated to the memory and 70th anniversary of Volodymyr Sharko (25.09.1949 - 07.10.2014). September 25-28, 2019, Kyiv, Ukraine : Conference materials. Kyiv, Institute of Mathematics of National Academy of Sciences of Ukraine, 2019. P. 19-21.
20. *Кадубовський О.А.* Перерахування неізоморфних двокольорових хордових O -діаграм роду два з одним сірим (або чорним) циклом // Матеріали XXII Міжнародного науково-практичного семінару «Комбінаторні конфігурації та їх застосування». — Кропивницький, 15-16 травня 2020 р. (в друці).

Kadubovs'kyi Oleksandr A., Sypchuk Ye.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

On the number of non-isomorphic 2-color chord O -diagrams of the genus two that have one grey (or black) face

In this paper we consider 2-color chord O -diagrams (of order n) with one grey and $(n - 4)$ black faces under the action of the rotation group (cyclic group of the order n).

For natural 5 and 6 we have illustrated all non-isomorphic of such diagrams. We have established explicit formulas for counting the number of non-isomorphic diagrams from the specified class. In addition, for natural $5 \leq n \leq 36$ we have also listed the exact value of the number of non-isomorphic such diagrams.

Keywords: 2-color chord O -diagrams, genus of a diagram, faces of a diagram, cyclic group.

¹ молодший науковий співробітник, ННЦ ХФТІ Інститут плазмової електроніки і нових методів прискорення

e-mail: mykola.uz@gmail.com, ORCID 0000-0001-7216-2058

² завідувач лабораторії, Харківський національний університет радіоелектроніки

e-mail: mykhaylo.kopot@nure.ua, ORCID 0000-0002-7163-8904

³ кандидат технічних наук, доцент кафедри метрології та технічної експертизи, Харківський національний університет радіоелектроніки

e-mail: nikonxipe@gmail.com, ORCID 0000-0002-1082-5247

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗВ'ЯЗАННЯ РІВНЯНЬ РУХУ В СИСТЕМАХ ЗІ СХРЕЩЕНИМИ ПОЛЯМИ

Розглянуто застосування кількох методів, які найчастіше використовують для розв'язання нелінійних диференціальних рівнянь. Показано, що точність розв'язку на початковому інтервалі для всіх методів є однаковою. Збільшення інтервалу пошуку розв'язку призводить до збільшення похибки. Використання методу припасовування у методі диференціальних перетворень дозволяє розширити діапазон пошуку розв'язку без втрати точності.

Ключові слова: *нелінійні диференціальні рівняння, диференціальні перетворення, метод припасовування*

Вступ

До недавнього часу наука займалася майже виключно тим, що розбивала складні явища на більш прості й потім вивчала закономірності, на яких вони базуються. Зараз увага дослідників все частіше прикута до складних систем. Системи, що складаються з великої кількості простих елементів, властивості яких відомі, часто мають поведінку не таку, як можна було б очікувати, уявивши ціле лише сумою складових частин [1, 2].

Генерація мікрохвильового випромінювання різних рівнів потужності є актуальною задачею протягом кількох десятиріч. Електромагнітне випромінювання від десятих часток міліметра до десятків сантиметрів використовується у різноманітних галузях науки, техніки, радіолокації, дефектоскопії, спектроскопії, медицині, побуті тощо.

Зараз для отримання високого рівня потужності випромінювання використовуються вакуумні генератори, зокрема, прилади зі схрещеними полями, такі як магнетрони, в яких активним середовищем є електронний потік [3].

Магнетрон — один з перших й найрозповсюдженіших генераторів надвисоких частот, де електрони, що рухаються у схрещених статичних елек-

тричному та магнітному полях, взаємодіють з високочастотним електромагнітним полем. З конструктивної точки зору сучасний багаторезонаторний магнетрон складається з трьох частин: катоду, анодного блоку, який містить порожнисті резонатори, й пристрою для виводу високочастотної енергії [4]. Поведінку роботи цих приладів аналізують за допомогою PIC кодів [5] і теорії ведучих центрів [6, 7]. Моделювання роботи приладів магнетронного типу пов'язане з розв'язанням складних диференціальних рівнянь, найчастіше чисельними методами, використовуючи пакети MAGIK-3D [8] та CST Studio Suite [9]. Такі моделі потребують занадто великих комп'ютерних й часових ресурсів [2].

Наразі нелінійна динаміка та хвильове моделювання стають парадигмами, які визначають наукове мислення [10–12].

Більшість явищ природи за своєю суттю є нелінійними. Моделі погоди та турбулентний режим руху рідин є загальновідомими прикладами нелінійних систем. Всі задачі механіки є нелінійними. Метод лінеаризації, що зазвичай застосовують, є наближеним методом розрахунків, який у більшості випадків надає досить задовільні, а іноді й досить гарні результати. Існує ряд задач, коли лінійний опис є зовсім непридатним. У нелінійних системах часто мають місце суттєво нові явища, які принципово неможливі в лінійних системах [13].

Серед нелінійних систем виділяють клас автоколивальних систем. До цього класу відносять системи, які в змозі створювати (генерувати) коливання за відсутності зовнішніх змінних сил. Крім того на автоколивальну систему можуть впливати зовнішні змінні сили.

Нелінійні системи — невід'ємна частина більшості радіотехнічних пристроїв і їх вивчення та дослідження є дуже важливим.

Нелінійні диференціальні рівняння, які описують поведінку нелінійних систем, на відміну від лінійних рівнянь зі сталими коефіцієнтами, як правило, у явному вигляді не можуть бути розв'язані. Тому вивчення нелінійних систем через знаходження загальних розв'язків рівнянь у більшості випадків виключено. У зв'язку з цим застосовуються різноманітні прийоми дослідження розв'язків диференціальних рівнянь, які дозволяють хоча б частково з'ясувати властивості нелінійної системи, що розглядається [14].

Знаходження аналітичного розв'язку диференціального рівняння, якщо це можливо, зазвичай надає значні переваги. Аналітичний розв'язок отримуємо в алгебраїчній формі й він не потребує впровадження чисельних значень параметрів або початкових умов в процесі розв'язання. Коли ж такий розв'язок отримано, можна підставити будь-які чисельні значення й дослідити всю сукупність розв'язків. Через таку гнучкість аналізу природно спочатку спро-

бувати знайти розв'язок заданого диференціального рівняння у аналітичному вигляді. Однак слід мати на увазі, що тільки дуже небагато рівнянь, які описують реальні фізичні системи, досить прості й дозволяють отримати точний розв'язок. У загальному випадку не існує методів, які можуть надавати точний розв'язок задовільно вибраного нелінійного диференційного рівняння. Таким чином, для деяких класів диференціальних рівнянь, що часто зустрічаються, єдиними задовільними є різного роду методи наближень.

У багатьох випадках вдається отримати наближені розв'язки, які описують достатньо широкий клас задач. Іноді необхідно чисельно інтегрувати рівняння або якісно їх розглядати.

У зв'язку з вище згаданим через математичні складнощі дуже часто від загального розгляду задачі відмовляються й обмежуються лише розглядом певних процесів, які є найцікавішими.

Застосування більшості цих методів вимагає переборення ряду математичних та обчислювальних труднощів. Одним з напрямків, який дозволяє побороти такі труднощі, є математичний апарат диференціальних перетворень [15–17]. Його можна застосовувати безпосередньо до розв'язання нелінійних диференціальних рівнянь без їхньої попередньої лінеаризації. Це дозволяє отримати розв'язок у аналітичному вигляді (ряд Тейлора) й значно зменшує обсяг обчислювальних робіт. Подальший розвиток цього напрямку щодо розширення діапазону пошуку розв'язків нелінійних крайових задач й спрощення реалізації складних нелінійностей знайшов відображення у методі припасовування, який пізніше отримав назву багатоетапного методу диференціальних перетворень з використанням апроксимації нелінійних членів рівняння поліномами Адоміана [18–22].

Наразі для дослідження фізичних процесів у приладах зі схрещеними полями застосовують так званий «обчислювальний» експеримент [23]. За такого підходу до вивчення систем зі схрещеними полями набуто певних результатів.

Метою цієї статті є отримання розв'язків рівнянь руху у приладах зі схрещеними полями за допомогою різноманітних методів розв'язання нелінійних диференціальних рівнянь і порівняння отриманих результатів.

Основна частина

Щодо систем зі схрещеними полями, розглянемо найпростішу з них — циліндричний магнетронний діод (рис. 1), який складається з двох співвісних циліндрів, що розташовані в магнітному полі. Відносні радіуси зовнішнього та внутрішнього циліндрів s_a та 1, відповідно. Зовнішній циліндр має додатний електростатичний потенціал U_a відносно внутрішнього циліндру.

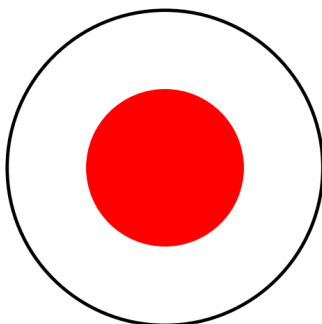


Рис. 1: Простір взаємодії магнетронного діоду

Рівняння руху заряджених частинок в такій системі без урахування ефектів дисипації матиме вигляд:

$$\begin{aligned}\frac{d^2 s}{dt^2} + \frac{s}{4} &= \frac{b}{s} + \frac{1}{4s^3} \\ \frac{d\varphi}{dt} &= \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{s^2} \right),\end{aligned}\quad (1)$$

де $b = \frac{\eta}{\omega_H^2 r_k^2} \frac{U_a}{\ln s_a}$ — параметр, який залежить як від електростатичного потенціалу U_a , так і від магнітного поля ω_H .

Під час визначення стійкості системи рівнянь (1) за першим наближенням, виявлено, що ця система має періодичний рух у радіальному напрямку [2, 24–26].

Шукатимемо розв'язки системи рівнянь (1) за таких початкових умов $s(0) = 1$; $\left. \frac{ds}{dt} \right|_{t=0} = 0$; $\varphi(0) = \varphi_0$.

Дотепер такі рівняння найчастіше розв'язують за допомогою чисельних методів. Найвживанішим методом розв'язання таких рівнянь є чисельний метод Рунге–Кутти четвертого порядку, який має похибку, що дорівнює четвертому порядку кроку інтегрування [24–26].

Однак, аналізувати чисельні результати не дуже зручно. Аналітичні результати (вирази) піддаються аналізу значно простіше. Тому бажано знайти наближений аналітичний розв'язок системи рівнянь (1).

Найпростіше шукати розв'язок системи рівнянь (1) у вигляді ступеневого ряду для кожної функції.

$$s(t) = \sum_{i=0}^{\infty} a_i t^i; \quad \varphi(t) = \sum_{i=0}^{\infty} b_i t^i; \quad (2)$$

Підставляючи вираз у вигляді ряду у систему рівнянь (1), знову отримуємо незручність для «ручного» обчислення коефіцієнтів ряду. Через це

шукатимемо коефіцієнти ряду (2), використовуючи режим series з команди dsolve системи комп'ютерної математики Maple. В результаті отримаємо

$$\begin{aligned} s(t) &= 1 + \frac{b}{2!}t^2 - \frac{b}{4!}(1+b)t^4 + \frac{b}{6!}(1+11b+7b^2)t^6 - \\ &- \frac{1}{8!}b(1+57b+318b^2+127b^3)t^8 + \dots \\ \varphi(t) &= \frac{b}{3!}t^3 - \frac{b}{5!}(1+10b)t^5 + \frac{b}{7!}(1+60b+261b^2)t^7 - \\ &- \frac{b}{9!}(1+246b+3972b^2+9640b^3)t^9 + \dots \end{aligned} \quad (3)$$

Вираз (3) у вигляді ряду теж не дуже зручно аналізувати, тому застосуємо для розв'язання системи (1) метод диференціальних перетворень [15–17].

Застосування цього методу вимагає переходу з області оригіналів до області диференціальних зображень:

$$s(t) \Rightarrow S(k) \quad \varphi \Rightarrow \Phi(k),$$

тоді система (1) в області диференціальних зображень набуде вигляду

$$\begin{aligned} \frac{(k+1)(k+2)}{H} S(k+2) &= -\frac{S(k)}{4} + bZ(k) + \frac{Z^{[3]}(k)}{4} \\ \frac{(k+1)}{H} \Phi(k+1) &= \frac{1}{2}[1 - Z^{[2]}(k)], \end{aligned} \quad (4)$$

тут k — ціле число;

$$Z(k) = \frac{\sigma(k) - \sum_{l=0}^{k-1} Z(l)S(k-l)}{S(0)};$$

$$Z^{[2]}(k) = \sum_{l=0}^k Z(l)Z(k-l);$$

$$Z^{[3]}(k) = \sum_{l=0}^k Z^{[2]}(l)Z(k-l).$$

Початкові умови в області диференціальних зображень набудуть вигляду $S(0) = 1; S(1) = 0; \Phi(0) = \varphi_0$.

Таким чином рекурентні співвідношення за $H = 1$ для обчислення дискрет набудуть вигляду

$$\begin{aligned} S(k+2) &= \frac{1}{(k+1)(k+2)} \left[-\frac{S(k)}{4} + bZ(k) + \frac{Z^{[3]}(k)}{4} \right] \\ \Phi(k+1) &= \frac{1}{2(k+1)} [1 - Z^{[2]}(k)], \end{aligned} \quad (5)$$

k	$S(k)$	$Z(k)$	$Z^{[2]}(k)$	$Z^{[3]}(k)$	$\Phi(k)$
0	1	1	1	1	φ_0
1	0	0	0	0	0
2	$\frac{b}{2}$	$-\frac{b}{2}$	$-b$	$-\frac{3b}{2}$	0
3	0	0	0	0	$\frac{b}{6}$
4	$-\frac{b}{24}(1+b)$	$\frac{b}{24}(1+7b)$	$\frac{b}{12}(1+10b)$	$\frac{b}{8}(1+13b)$	0
5	0	0	0	0	$-\frac{b}{120}(1+10b)$

Табл. 1: Результати обчислення перших п'яти дискрет

Результати обчислення перших п'яти дискрет наведено в табл. 1

Перехід з області диференціальних зображень в область оригіналів здійснюється за співвідношеннями

$$s(t) = \sum_{k=0}^{\infty} S(k)t^k$$

$$\varphi(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \Phi(k)t^k$$

В результаті такого переходу отримаємо

$$\begin{aligned}
 s(t) &= 1 + \frac{b}{2!}t^2 - \frac{b}{4!}(1+b)t^4 + \frac{b}{6!}(1+11b+7b^2)t^6 - \\
 &\quad - \frac{1}{8!}b(1+57b+318b^2+127b^3)t^8 + \dots \\
 \varphi(t) &= \frac{b}{3!}t^3 - \frac{b}{5!}(1+10b)t^5 + \frac{b}{7!}(1+60b+261b^2)t^7 - \\
 &\quad - \frac{b}{9!}(1+246b+3972b^2+9640b^3)t^9 + \dots
 \end{aligned}$$

Результати, що отримано за допомогою методу диференціальних перетворень повністю збігаються з результатами, що отримано за методом рядів (3).

Через те, що у сучасних приладах магнетронного типу співвідношення $\frac{r_a}{r_k} < 2$, то безрозмірний радіус s можна зобразити як $s = 1 + x$. Це дозволяє застосувати метод лінеаризації [2] до рівнянь (1), підставивши значення s .

При цьому рівняння (1) набудуть вигляду

$$\begin{aligned}\frac{d^2x}{dt^2} &= -\frac{1}{4}(1+x) + \frac{b}{1+x} + \frac{1}{4(1+x)^3} \\ \frac{d\varphi}{dt} &= \frac{1}{2} \left[1 - \frac{1}{(1+x)^2} \right],\end{aligned}\quad (6)$$

Розвинувши в ряд відносно x доданки $\frac{1}{1+x}$, $\frac{1}{(1+x)^2}$ та $\frac{1}{(1+x)^3}$ й відкинувши нелінійні члени, остаточно добудемо таку систему рівнянь

$$\begin{aligned}\frac{d^2x}{dt^2} &= b - (1+b)x \\ \frac{d\varphi}{dt} &= x\end{aligned}\quad (7)$$

Розв'язок системи (7) можна добути в аналітичному вигляді. Таким чином для магнетронного діода остаточно маємо

$$\begin{aligned}s(t) &= 1 + \frac{b}{1+b}(1 - \cos \sqrt{1+b}t) \\ \varphi(t) &= \frac{b}{1+b} \left(t - \frac{\sin \sqrt{1+b}t}{\sqrt{1+b}} \right)\end{aligned}\quad (8)$$

Вираз (8) є параметричним записом кривої, що утворюється точкою, яка розташована на еліпсі з ексцентриситетом $\sqrt{\frac{b}{1+b}}$. Цей еліпс котиться без проковзування по колу одиничного радіусу.

На рис. 2 наведено графіки отриманих розв'язків

Всі розв'язки, що отримано вище розглянутими методами, збігаються на початковому інтервалі, але для аналізу роботи приладів зі схрещеними полями необхідно мати розв'язок у значно ширшому інтервалі. Для вирішення цієї проблеми застосуємо метод припасовування [15–17] для кількох інтервалів.

За суттю метод припасовування майже збігається з методом аналітичного продовження функцій, який застосовують під час інтегрування диференціальних рівнянь за допомогою ступеневих рядів.

Метод припасовування є ефективним чисельним методом розв'язування лінійних та нелінійних диференціальних рівнянь з суворим контролем точності результатів на кожному етапі обчислень з використанням точних формул різницевого типу. Величини залишкових членів під час підсумовування скінченної кількості дискрет легко можуть бути зменшені через зменшення кроку H та збільшення кількості дискрет, які визначають, на кожному інтервалі [15–17].

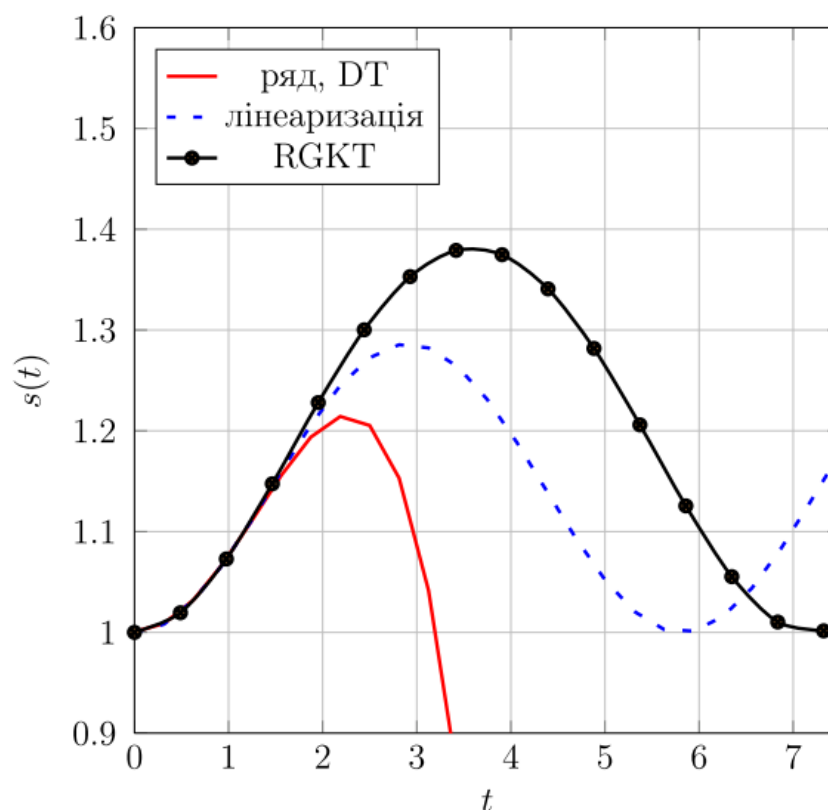


Рис. 2: Порівняння

Схема застосування методу припасовування до нелінійного диференційного рівняння (1) вимагає розбиття інтервалу розгляду на кілька під'інтервалів. Найчастіше ці під'інтервали мають однакову довжину. Кінцеві значення координати та швидкості i -го під'інтервалу є початковими значеннями $i + 1$ -го під'інтервалу. Дискрети на кожному під'інтервалі обчислюються за звичайною схемою (4) — (5).

Таким чином остаточний розв'язок рівняння (1) матиме вигляд

[illegible]

Результати обчислень за різними методами, наведено табл. 2.

Отримані результати застосування методу припасовування показують, що збігання розв'язків, які отримано різними методами, можливе лише на початковому інтервалі.

Для отримання збігання на більш широкому інтервалі суттєву роль відіграє кількість під'інтервалів, на які розбивають інтервал поширення розв'язку.

t	RGKT	лін	ряд	1	2	3
0	1	1	1	1	1	1
0.5	1.02039	1.02038	1.02039	1.02039	1.02039	1.02039
1	1.07605	1.07573	1.07604	1.07604	1.07604	1.07604
1.5	1.15324	1.15028	1.15274	1.15274	1.15319	1.15319
2	1.23548	1.22281	1.22802	1.22802	1.23539	1.23539
2.5	1.30775	1.27266	1.25019	1.25019	1.30771	1.30765
3	1.35853	1.28564	1.06328	1.06328	1.35926	1.35843
3.5	1.38045	1.25805	-4.35346	0.23219	1.38564	1.38034
4	1.37046	1.19775	-16.77960	-2.29056	1.39144	1.37013
4.5	1.32995	1.12191	1.12191	-8.72843	1.38764	1.32769
5	1.26466	1.05212	-23.35955	-23.35955	1.36930	1.25253
5.5	1.18459	1.00826	-348.95458	-53.8083	1.24580	1.13465
6	1.10357	1.00282	-785.38341	-112.86113	0.67869	0.93508
6.5	1.03789	1.03734	-1650.07080	-220.92966	-1.23885	0.54949
7	1.00297	1.10199	-3272.09545	-409.29957	-6.55177	-0.25415
7.5	1.00801	1.17838	-724.31386	-724.31386	-19.38222	-1.93494
8	1.05163	1.24473	-1232.65464	-1232.65464	-47.39027	-5.32956
8.5	1.12259	1.28217	-19473.75174	-2027.89919	-103.94594	-11.87059
9	1.20483	1.28003	-32848.50394	-3238.53971	-211.24223	-23.89252
9.5	1.28243	1.23892	-5037.66896	-5037.66896	-404.62397	-45.04892
10	1.34243	1.17054	-7654.5472	-7654.5472	-738.45524	-80.86733

Табл. 2: Результати обчислення за різними методами

Висновки

Таким чином, розв'язання нелінійних диференціальних рівнянь, особливо з сингулярною частиною, за використання методу диференціальних перетворень має збіг з результатами, що отримано іншими методами на вузькому початковому інтервалі.

Метод припасовування є ефективним методом отримання наближеного розв'язку у ширшому діапазоні.

Отримані результати обчислень показують, що точність наближеного розв'язку зростає зі зростанням кількості інтервалів припасовування.

Розглянуто застосування методу диференціальних перетворень для розв'язання нелінійних диференціальних рівнянь, на яких базуються опис роботи систем зі схрещеними полями.

Метод базується на розв'язанні диференціальних рівнянь в області зображень із застосуванням методу припасовування з подальшим отриманням розв'язку у вигляді ряду Тейлора.

Отримані чисельні результати показали гарну збіжність з розв'язками, що отримано за методом Рунге-Кутти.

У порівнянні з іншими, метод припасовування дозволяє прибрати математичні ускладнення, які пов'язані зі складною нелінійністю диференціальних рівнянь й призводить до значного меншого обсягу обчислень.

Література

1. *Усыченко В.Г.* Электронная синергетика. Физические основы самоорганизации и эволюции материи: Курс лекций [Текст] — СПб. : «Издательство Лань», 2010. — 240 с.
2. Корчакова А. С., Никитенко О. М. Использование линеаризованного подхода к моделированию приборов со скрещенными полями // Известия Волгоградского государственного технического университета : межвуз. сб. науч. ст. № 23(126) / ВолгГТУ. — Волгоград, 2013. (Серия «Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь»; вып. 8). — С. 48–57
3. Гуляев Ю.В., Корниенко В.Н., Олейников А.Я., Черепенин В.А. Технология открытых систем и вычислительный эксперимент в радиоэлектронике // Журнал радиоэлектроники. — 2002 — №9 — <http://jre.cplire.ru/>
4. Ланда П.С., Трубецков Д.И., Гусев В.А. Заблуждение и реальность в некоторых задачах физики (теория и эксперимент) // Успехи физических наук — 2009. — т. 179, — № 3 — С. 255–277
5. Dombrowski G.E. Simulation of Magnetrons and Crossed-Field Amplifier // IEEE Transactions on electron devices — 1988. — vol. 35 — no 11. — PP. 2060–2067.
6. Нечаев В.Е. К анализу процессов в многорезонаторных магнетронах // Известия вузов. Радиотехника. — 1964. — 7 — № 1. — С. 146–159.
7. Kaup D.J., Thomas G.E. Chaotic instabilities and density profiles in a crossed-field electron vacuum devices // SPIE. — 2000. — 4031. — PP. 54–64.
8. Goplen B., Ludeking L., Smith D., Warren G. User-configurable MAGIK for electromagnetic PIC calculations Comput. Phys. Commun. — 1995 — vol. 87. — nos. 1–2. — PP. 54–86.
9. (2008) CST Studio Suite. [Online]. Available: <http://www.cst.com>
10. Гапонов-Грехов А.В. Рождение и динамика двумерных структур в неравновесных диссипативных средах. // В сб.: Нелинейные волны: динамика и эволюция. — М.: Наука. — 1989. — С. 61–83.

11. Капица С.В., Кудюмов С.В., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. – М.: Наука, 1997. – 285 с
12. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. – М.: Наука, 1984. – С. 9 – 15.
13. Hayashi C. Nonlinear Oscillations in Physical Systems. Princeton New Jersey, Princeton University Press 1985. XII, 392 p.
14. Конторович М.И. Нелинейные колебания в радиотехнике (автоколебательные системы) М., Сов. радио, 1973, 320 с.
15. Пухов Г.Е. Преобразования Тейлора и их применение в электротехнике и электронике / Г.Е. Пухов. - К.: Наукова думка, 1978. – 259 с.
16. Пухов Г.Е. Дифференциальные преобразования функций и уравнений / Г.Е. Пухов. - К.: Наукова думка, 1980. – 419 с.
17. Пухов Г.Е. Дифференциальные преобразования и математическое моделирование физических процессов / Г.Е. Пухов. - К.: Наукова думка, 1986. – 160 с.
18. Гусынин А.В. Многоэтапный метод модифицированных дифференциальных преобразований для решения нелинейных краевых задач // Проблеми інформаційних технологій. — 2016. — №02 (020). — С. 26–34.
19. Fatoorehchi H. Improving the differential transform method: A novel technique to obtain the differential transforms of nonlinearities by the Adomian polynomials H. Adolghasemi // Applied Mathematical Modeling. — 2013. — Vol.37 — issue 8. — PP. 6008–6017.
20. El-Zahar E.R. Applications of Adaptive multi-step differential transform method to singular perturbation problems arising in science and engineering // Appl.Math.Inf.Sci. — 2015. — Vol.9 — no.1. — P. 223–232.
21. Gusynin V., Gusynin A., Tachinina H. The use of differential transformations for solving non-linear boundary value problems // Proceedings of NAU. — 2016. — №4(69). — PP. 45–55 — doi: 10.18372/2306-1472.69.11054.
22. Гусынин А.В., Яровой А.В., Антонова-Рафи Ю.В. Оптимизация управления посадкой дирижабля на основе многоэтапного метода дифференциальных преобразований // Системи управління, навігації та зв'язку. — 2017. — вип. 5(45) — С. 12–17
23. Hockney R. W., and Eastwood J. W. Computer Simulation Using Particles, McGraw-Hill, New York, 1981
24. Nikitenko O., Volovenko M. Changed Particles Motion in Crossed-field System under dissipation // Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science. — Lviv. — 2002. — PP. 59–60.

25. Nikitenko O.M., Volovenko M.V. The Changed Particles Motion under Electrostatic Space-Periodic Field in Crossed-field Systems // 2006 IEEE International Vacuum Electronics Conference held jointly with 2006 IEEE International Vacuum Electron Sources IVEC/IVESC 2006. — April 25–27 2006. — Monterey, California, USA. — 2006. — PP. 109–110.
26. Нікітенко О.М., Воловенко М.В. Рух заряджених частинок у системах зі схрещеними полями за наявності дисипації // Теоретична радіотехніка / Львівський національний університет ім. І. Франка. — 2002. — вип. 56. — С. 47–53.

Volovenko M.V., Kopot M.A., Nikitenko O.M.

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine.

The comparable analysis of solution methods of motion equations in crossed-field systems

The application of several methods which are most frequently used for solution of nonlinear differential equations was described. The accuracy of the solution at the initial interval for all methods is the same. An expansion of the solution search interval leads to error increase. Using the segment-to-segment method in the differential transformations method allows to expand the search range of the solution without accuracy loss.

Keywords: *nonlinear differential equations, differential transformations, segment-to-segment method.*

ОБЧИСЛЕННЯ КВАЗІІДЕАЛІВ СКІНЧЕНИХ НАПІВГРУП ПЕРЕТВОРЕНЬ ГРАФОМ КЕЛІ НАПІВГРУП

Безсумнівно ідеали є одним з важливих носіїв інформації про будову напівгрупи. Як ліві так і праві ідеали всебічно характеризують напівгрупу перетворень, тим більш буде корисно отримати інформацію і про узагальнення односторонніх ідеалів, а саме про квазіідеали напівгрупи.

Ключові слова: напівгрупа, граф Келі, квазіідеал, структура квазіідеалів

Вступ

Граф Келі спочатку розглядали як об'єкт, що пов'язаний з групою і його вивченню присвячено багато робіт. Аналогічна конструкція перенесена на напівгрупи в роботі [1], в якій графом Келі напівгрупи S відносно її підмножини T названо граф з вершинами із S і множиною дуг, яка складається з таких впорядкованих пар різних елементів (a, b) , де $at = b$ для деякого t із T .

Графи Келі широко використовуються для представлення напівгруп, наприклад, в [2] та [3]. Вивчення спеціальних видів графів Келі напівгруп виконані в [4; 5].

В цій роботі використані графи Келі напівгрупи для знаходження структури квазіідеалів скінчених напівгруп.

Орієнтований граф – це пара (V, A) , де V – скінчена непорожня множина вершин, A – множина дуг (впорядкованих пар (v_i, v_j) елементів із V), яка є довільною підмножиною декартового квадрата множини вершин графа.

Якщо пара (v_i, v_j) зустрічається в A більше одного разу, то говорять, що (v_i, v_j) – кратна дуга. Граф з кратними дугами називають орієнтованим мультиграфом.

Вершини графа, зазвичай зображуються точками на площині, а дуга (a, x, b) – стрілкою, що направлена від a до b і помічена елементом x .

Графом Келі напівгрупи S відносно множини її твірних елементів T , називають орієнтований мультиграф $Cay(S, T)$, який складається з множини вершин S і множини помічених дуг – всіх можливих трійок (a, t, b) , де $a, b \in S$, $t \in T$ і $at = b$. Таке означення трохи відрізняється від введеного в [1] де граф Келі є орієнтованим графом без петель і багатократних ребер.

Основна частина

В монографії [6] наведена одна характеристика квазіідеалів напівгрупи, що дозволяє повністю їх охарактеризувати: будь який квазіідеал Q напівгрупи S є перетином деякого лівого та деякого правого ідеалу. Тобто $Q = R \cap L$. Отже задача полягає в тому, щоб знайти всі ліві та всі праві ідеали напівгрупи перетворень деякої скінченної напівгрупи, яка задана множиною твірних елементів.

Нехай S напівгрупа перетворень деякої скінченної множини X , яка задана системою твірних елементів T . Побудуємо граф Келі для цієї напівгрупи $\text{Cay}(S, T)$ будь-яким способом.

Проілюструємо сказане на прикладі.

Приклад. Нехай $X = \{1, 2, 3\}$ – множина на якій задано два перетворення

$$a = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1 & 1 & 3 \end{pmatrix} \text{ та } b = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 1 & 2 \end{pmatrix}.$$

Скориставшись алгоритмом побудови напівгрупи перетворень, яка задана твірними елементами, як приклад такий алгоритм наведено в роботі [7], отримуємо напівгрупу S яка складається з елементів $\{a, b, a^2, b^2, ab, a^2b\}$. Крім того отримуємо наступну таблицю Келі та наступний граф Келі.

	a	b	a^2	b^2	ab	a^2b
a	a^2	ab	a^2	a	a^2b	a^2b
b	a^2	b^2	a^2	b	a^2b	a^2b
a^2	a^2	a^2b	a^2	a^2	a^2b	a^2b
ab	a^2	a	a^2	ab	a^2b	a^2b
a^2b	a^2	a^2	a^2	a^2b	a^2b	a^2b
b^2	a^2	b	a^2	b^2	a^2b	a^2b

Табл. 1: Таблиця Келі напівгрупи S

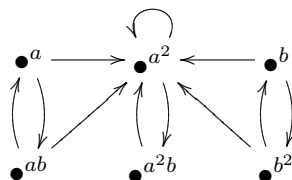


Рис. 1: Граф Келі напівгрупи S

Зрозуміло, що побудований таким чином граф Келі однозначно описує дану напівгрупу S з твірною підмножиною T . Має місце наступне

Твердження 1. Нехай T – твірна система напівгрупи S , $\text{Cay}(S, T)$ – граф Келі напівгрупи S . Тоді відображення $\varphi : S \rightarrow \text{Cay}(S, T)$ є ізоморфізмом.

Створена напівгрупа S має чотири правих ідеали, це $R_1 = \{a^2, a^2b\}$, $R_2 = \{a, a^2, ab, a^2b\}$, $R_3 = \{b, a^2, b^2, a^2b\}$ та $R_4 = S$. Не важко побачити, що ці підмножини є не чим іншим як "області замкнутості" орієнтованого графа Келі. Тобто такими підграфами, що не зв'язані з іншими вершинами графа.

Для визначення таких областей замкнутості використовують так зване транзитивне замикання орієнтованого графу. Для цього побудуємо матрицю суміжності і за допомогою модифікованого алгоритму Флойда-Воршелла (Floyd–Warshall algorithm, [8]) знайдемо матрицю суміжності транзитивного замикання.

Нехай задано орієнтований мультиграф $Cay(S, T)$, як зображення деякої напівгрупи S за множиною твірних елементів T , – множиною вершин S та матрицею суміжності E . Нехай s_1, s_2, \dots, s_k – елементи напівгрупи S . Визначимо значення елементів матриці суміжності E – $t_{ij}^{(k)}$ при $i, j, k = 1, 2, \dots, |S|$ рівним 1, якщо в графі $G = Cay(S, T)$ існує шлях з вершини s_i до вершини s_j , всі проміжні вершини якого належать множині $\{s_1, s_2, \dots, s_k\}$; в протилежному випадку ця величина рівна 0. Конструюючи транзитивне замикання $G^* = (S, E^*)$, будемо включати ребро (s_i, s_j) в множину E^* тоді й лише тоді, коли $t_{ij}^{(k)} = 1$. Рекурсивне визначення величини $t_{ij}^{(k)}$ має вид

$$t_{ij}^{(0)} = \begin{cases} 0 & \text{якщо } i \neq j \text{ і } (i, j) \notin E, \\ 1 & \text{якщо } i = j \text{ або } (i, j) \in E, \end{cases}$$

а при $k \geq 1$ виконується співвідношення

$$t_{ij}^{(k)} = t_{ij}^{(k-1)} \vee \left(t_{ik}^{(k-1)} \wedge t_{kj}^{(k-1)} \right).$$

Матриця суміжності транзитивного замикання E^* містить всі можливі варіанти досяжності вершин графу G . В нашому випадку цікавими є всі унікальні рядки матриці E^* . Для нашого прикладу, з порядком елементів $\{a, b, a^2, b^2, ab, a^2b\}$ маємо матрицю E і Після наведеного алгоритму отримали матрицю досяжності E^* .

$$E = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad E^* = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

В матриці E^* отримали унікальні рядки $R = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$.

Всі можливі комбінації цих рядків повністю відображають множину правих ідеалів напівгрупи S . А саме $R_1 = \{a^2, a^2b\}$, $R_2 = \{a, a^2, ab, a^2b\}$, $R_3 = \{b, a^2, b^2, a^2b\}$ та $R_4 = S$.

Для пошуку множини лівих ідеалів напівгрупи S побудуємо двоїстий граф Келі. Тобто мультиграф $\text{Cay}^*(S, T)$, який складається з множини вершин S і множини помічених дуг – всіх можливих трійок (a, t, b) , де $a, b \in S$, $t \in T$ і $ta = b$. Для нашого прикладу отримуємо граф

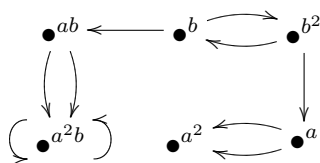


Рис. 2: Двоїстий граф Келі напівгрупи S

Аналогічними міркуваннями знаходимо області замкнутості, а отже і множину лівих ідеалів. Тобто

$$E = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, E^* = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Отримали унікальні рядки $L = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$ Остаточно, множи-

на лівих ідеалів напівгрупи наступна $L_1 = \{a, a^2\}$, $L_2 = \{a^2\}$, $L_3 = \{a^2b\}$, $L_4 = \{ab, a^2b\}$ та $L_5 = S$.

Отримавши ліві та праві ідеали напівгрупи S перетворень скінченної множини можна перейти до визначення квазіідеалів напівгрупи через перетин рядків матриць R та L .

Висновки

Наведений алгоритм надає можливість обчислювати квазіідеали напівгрупи перетворень скінченної множини використовуючи граф Келі напівгрупи

за допомогою відомих алгоритмів. Обчислені знайденим алгоритмом квазіідеали повністю вичерпують всю множину квазіідеалів напівгруп перетворень скінченої множини, а отже може бути використаним для перевірки теоретичних досліджень квазіідеалів напівгрупи перетворень скінченої множини.

Література

1. *Zelinka B.* Graphs of semigroups, *Casopis. Pest. Mat*, **106**, (1981), – 407-408.
2. *Margolis S.W., Meakin J.C* E-unitary inverse monoids and the Cayley graph of a group representation, *Journal of Pure and Applied Algebra*, **58** (1989), – 45-76.
3. *Heydemann M.C.* *Cayley graphs and interconnection networks*, "Graph Symmetry: Algebraic Methods and Applications", Monreal, Canada, July 1-12 (1996), Kluwer, Pordrecht, (1997), – 167-224.
4. *Kelarev A.V.* On undirected Cayley graphs, *Australian J. Combinatorics*, **25** (2002), – 73-78.
5. *Kelarev A.V., Quinn S.J.* A Combinatorial Property and Cayley Graphs of Semigroups, *Semigroup Forum*, Vol. 66, (2003), – 89-96.
6. *O. Steinfeld* Quasi-ideals in rings and semigroups, *Akademiai Kiado*, – Budapest, – 1978
7. *Величко В.Є.* Алгоритм обчислення скінчених напівгруп, *Вісник СДПУ, Математика*, 2(4), 2010, с.24-31.
8. *Cormen T.H., Leiserson C.E., Rivest R.L., Stein C.* Introduction to algorithms, The MIT Press, 2009, 1292 p.

Velychko V.Ye.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Calculation of quasi-ideals of finite semigroups of transformations by the Kelly graph of semigroups

Undoubtedly, ideals are one of the important carriers of information about the structure of a semigroup. Both left and right ideals comprehensively characterize the semigroup of transformations, the more it will be useful to obtain information about the generalization of one-sided ideals, namely, about the quasi-ideals of the semigroup.

Keywords: *semigroup, Kelly graph, quasi-ideal, structure of quasi-ideals.*

ФІЗИКА

УДК 621.315.592

Надточий В.А., Воронова И.В.

¹ доктор физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой физики, ГБУЗ «ДГПУ»

e-mail: kafedrafiziki2018@gmail.com, ORCID 0000-0001-9890-171X

² студентка 4 курса физико-математического факультета, ГБУЗ «ДГПУ»

e-mail: iryna.voronova.779@gmail.com, ORCID 0000-0002-4880-752X

НИЗКОРАЗМЕРНЫЕ СТРУКТУРЫ И ИХ СВОЙСТВА

Предметом данной статьи являются структуры ограниченных размеров с величинами порядка нанометров и особыми физическими свойствами, в которых проявляется квантование энергетического спектра подвижных носителей заряда.

Ключові слова: *квантовые точки, квантовые нити, наноструктуры, эпитаксия, низкоразмерные структуры*

Введение

Особую актуальность низкоразмерные системы приобрели в последние годы, когда мощная экспериментальная база, которую получили в свое распоряжение физики-экспериментаторы, открыла реальные возможности для контролируемого получения разного рода низкоразмерных структур, а поэтому и для исследования их уникальных свойств, к которым приводит именно снижение размерности.

Цель статьи — определить критерий, по которому можно осуществлять разграничение низкоразмерных кристаллических систем, свойства которых можно описать исключительно законами квантовой или классической физики, привести примеры типичных квантово-размерных структур, используемых в нанoeлектронике и рассмотреть особенности зависимостей плотности энергетических состояний носителей заряда в объемных полупроводниках и квантово-размерных структурах.

Основная часть

Размеры какого-либо объекта могут быть ограничены в одном, двух или трех направлениях. В зависимости от характера такого ограничения (размерности объекта) получают разными по своей сущности и физическим свойствам наноструктуры.

Если размеры системы ограничены в одном направлении длиной волны де-Бройля свободного электрона, то такую систему называют квантовым

слоем, или 2D структурой. Их реальными аналогами являются поверхности, границы раздела, тонкие эпитаксиальные пленки и др. Если размеры системы ограничены дебройлевской длиной волны в двух направлениях, то такие объекты называют квантовыми нитями (проводами) и обозначают 1D структурами. Ограниченные дебройлевской длиной объекты во всех трех направлениях называют квантовыми точками, или 0D структурами. Их аналоги — нанокластеры в кристалле и разные искусственные ансамбли частиц наноразмеров, а также искусственные системы, сформированные периодической последовательностью квантовых слоев, наращиваемые один на другом в направлении, перпендикулярном к плоскости слоя. Такие системы называются сверхрешетками, гетероструктурами [1].

Почему же ограничения размеров системы могут сопровождаться существенными изменениями их физических свойств? Принципиальный ответ известный: система неограниченных размеров может быть однородной, свойства которой не зависят от координат $X Y Z$ (или радиус-вектора r) во всем диапазоне их возможных значений от $-\infty$ до $+\infty$, а система ограниченных размеров таковой быть не может. В однородной системе импульс P частицы сохраняется, $P = const$, то есть не изменяется без воздействия внешней силы. Под действием внешней силы импульс непрерывно меняется, изменяется и энергия, поскольку $E = \frac{P^2}{2m}$ (m — масса частицы.)

В системе ограниченных размеров импульс частицы приобретает очень важное свойство — он может принимать уже только определенные дискретные значения. Величина дискретности ΔP между двумя последовательными разрешенными его значениями во время движения в направлении ограничения определяется характеристическим размером L системы в этом направлении, а $\Delta P = \frac{h}{L}$, где h — постоянная Планка. Очевидно, что непрерывное изменение импульса частицы возможно только в системе неограниченных размеров, если $L \rightarrow \infty$.

Дискретность импульса частицы приводит к дискретности изменения ее энергии $E = \frac{\Delta P^2}{2m}$, а поэтому к появлению принципиально новых свойств во взаимодействии с внешними полями, которые не свойственны свободной частице в объемном (3D) пространстве.

Будет ли дискретность энергетического спектра системы ограниченных размеров проявляться в ее поведении на практике, зависит от того, каким является соотношение между величиной дискретности, обусловленной ограничением размеров и тепловым размытием энергетических уровней kT , где

k — постоянная Больцмана, T — температура. Если $kT > \Delta E$, то тепловое расширение дискретных уровней размывает их в непрерывную энергетическую полосу и система ограниченных размеров ведет себя так, как и система неограниченная. Если $\Delta E > kT$, то в свойствах системы появляются принципиально новые особенности, обусловленные размерным квантованием энергетического спектра.

Оценим величину дискретности для некоторых размеров системы. Пусть этот размер $L = 1$ мм. Поскольку постоянная Планка $h = 4,1357 \cdot 10^{-15} \text{ эВ} \cdot \text{с}$, то $\Delta P = 4 \cdot 10^{-14} \frac{\text{эВ} \cdot \text{с}}{\text{см}}$. Если это значение ΔP ввести в соотношение для дискретности энергии, то получим величину $\Delta E = 1,5 \cdot 10^{-12} \text{ эВ}$. Сравним величину ΔE с тепловой энергией движения частицы kT . При комнатной температуре она составляет приблизительно $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ эВ}$, что существенно превышает значение дискретности энергии ΔE . Поэтому при комнатных температурах ограничение размеров системы до 1 мм не приведет к появлению принципиально новых свойств с точки зрения ее энергетического спектра. Это означает, что при обычных, «бытовых» размерах систем импульс и энергия свободных частиц в них изменяются квазинепрерывно.

Если сравнить величину дискретности энергии, найденную выше, с тепловой энергией, то увидим, что она соответствует температуре $T = \frac{\Delta E}{K_0} \approx 2 \cdot 10^{-8} \text{ К}$. Это значит, что только при температурах порядка 10^{-8} К в этой системе могут появляться принципиально новые явления, обусловленные ограничением их размеров до 1 мм. Приведенные оценки показывают, что при сверхнизких температурах и в достаточно габаритных образцах может наблюдаться квантование энергетического спектра, обусловленное конечностью этих габаритов. Поэтому, чтобы разграничить низкоразмерные системы, свойства которых описываются исключительно законами квантовой механики, от 3D систем, свойства которых довольно хорошо можно описать законами классической физики, удобно воспользоваться параметром, который разделяет эти две группы объектов. Этим параметром является длина волны де-Бройля свободного электрона $\lambda = \frac{h}{P}$. Если размеры системы становятся соизмеримыми с λ свободной квазичастицы или меньшими, для её описания уже в принципе не могут быть применены законы классической физики, а систему следует рассматривать как принципиально квантово-механическую.

Важный вопрос состоит в том, можно ли создать реальные кристаллические структуры, размеры которых были бы меньшими дебройлевской длины

волны λ свободного электрона. Для этого оценим значения длины волны λ свободного электрона в практически важных полупроводниках и сравним это значение с постоянной α кристаллической решетки, которая является количественной характеристикой элементарной ячейки кристалла.

В полупроводниках Ge и Si концентрацию электронов можно изменять в зависимости от температуры в широких пределах [2], поскольку

$n = N_c \cdot e^{-\frac{E_c - E_F}{kT}}$, где N_c — эффективная плотность состояний в зоне проводимости, E_F — энергия Ферми, k — постоянная Больцмана. При низких температурах электронный газ становится невырожденным, и энергия электронов уже определяется не энергией Ферми, а их тепловой энергией, поэтому $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mk \cdot T}}$.

Если брать эффективную массу электрона равной $m = 0,1m_0$ и подставить все фундаментальные физические константы, то получим

$$\lambda = \frac{4175}{\sqrt{T}}(\text{\AA}) \quad (1)$$

Если подставить, например, $T = 4,2$ К (температуру кипения жидкого гелия), то получим $\lambda(4,2 \text{ К}) \approx 200$ нм, что уже на 2-3 порядка больше типичного значения параметров межатомных расстояний в полупроводниках Ge ($\alpha = 0,566$ нм) и Si ($\alpha = 0,543$ нм). Поэтому в полупроводниковых структурах, размеры которых составляют величины ≤ 50 нм, при сравнительно низких концентрациях свободных носителей заряда четко проявляются квантоворазмерные эффекты. При переходе от 3D структур к структурам низкоразмерным мы тем самым переходим от 3D движения микрочастиц к их движению в структурах более низкой размерности (0D, 1D или 2D типа), каждое из которых имеет свои особенности, не свойственные движению высшей размерности.

Рассмотрим теперь кратко вопрос об электронных свойствах упруго-напряженных островков, образующихся на промежуточном этапе роста расогласованных полупроводниковых систем. На рис. 1 в качестве примера приведено изображение ансамблей островков в системах InAs/GaAs (100), полученное методом просвечивающей электронной микроскопии. В данном случае InAs островки имеют средний латеральный размер примерно 10 нм и поверхностную плотность $7 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$. При таких размерах островков плотность энергетических состояний, которые могут занимать носители заряда внутри островка, существенно отличается от плотности энергетических состо-

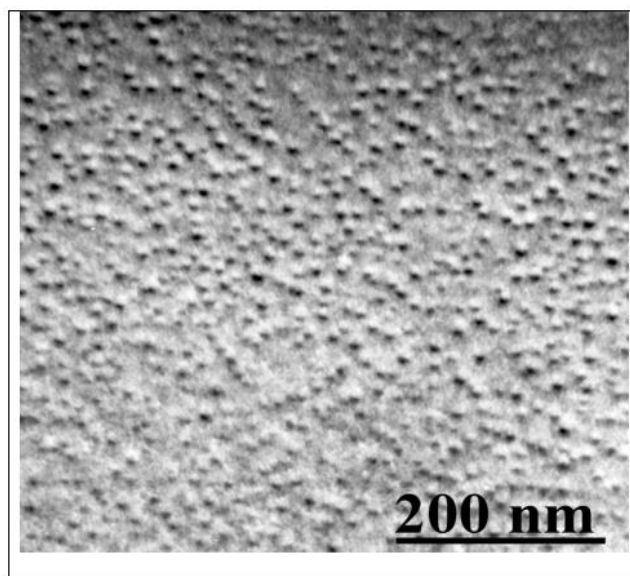


Рис. 1: Изображение поверхности, полученное методом просвечивающей электронной микроскопии после осаждения 2 монослоев InAs на поверхность GaAs (100) при температуре $T = 440\text{ }^{\circ}\text{C}$ и скорости осаждения InAs $V = 0.05\text{ ML/s}$ [3]

яний в объемном полупроводнике. Как известно [2], в объёмном полупроводнике электроны и дырки могут иметь любую энергию из числа разрешенных энергетических состояний, находящихся внутри зоны проводимости и валентной зоны соответственно. Движение носителей заряда в идеальном кристалле имеет тот же характер, что и в свободном пространстве, с заменой реальной массы электронов и дырок их эффективными массами. Это связано с тем, что носители заряда двигаются в периодическом потенциале решетки твердого тела. Для плотности энергетических состояний электронов объемного полупроводника $\rho^{3D}(E)$ вблизи края зоны проводимости 0 справедливо выражение

$$\rho^{3D}(E) = \frac{(2m/\hbar^2)^{3/2}}{2\pi^2}(E - E_0)^{1/2}, \quad (2)$$

где \hbar — постоянная Планка и m — эффективная масса электрона. Как видно из этой формулы, на краю зоны проводимости функция $\rho^{3D}(E)$ равна нулю, поэтому число электронов, которые могут находиться в состояниях с низкой энергией вблизи E_0 , весьма мало. Между тем, именно эти электроны участвуют в оптических переходах с испусканием или поглощением фотона.

Рассмотрим теперь случай двойной гетероструктуры типа квантовой ямы [3], когда тонкий слой полупроводникового материала с меньшей шириной запрещенной зоны E_g заключен между двумя слоями полупроводника с большей шириной запрещенной зоны E_g^B . Для определенности будем говорить о гетероструктуре, когда запрещенная зона узкозонного материала целиком

находится внутри запрещенной зоны широкозонного материала. Тогда широкозонные «обкладки» являются барьерами для движения как электронов, так и дырок узкозонного полупроводника. Уровни энергии электронов находятся из решения стационарного уравнения Шредингера для волновой функции $\Psi(R)$

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta + U \right] \Psi = E\Psi \quad (3)$$

с соответствующими условиями на гетерогранице. Нетрудно убедиться, что в идеализированном случае, когда потенциал $U(R)$ есть одномерная квантовая яма длины L с барьерами бесконечной высоты, движение электронов будет квазиклассическим в направлениях вдоль барьеров, а в направлении, перпендикулярном барьеру, возникнут дискретные уровни энергии

$$E_n = \frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\pi}{L} \right)^2 n^2, \quad (4)$$

где $n = 1, 2, 3, \dots$

Очевидно, что расстояние между двумя низшими уровнями энергии в зоне проводимости составляет заметную величину только при достаточно малых значениях L . В этом и состоит суть квантово-размерного эффекта: для его проявления необходимо, чтобы характерный размер структур (в данном случае — ширина квантовой ямы) был порядка длины волны де-Бройля для электрона в объемном полупроводнике (примерно 20 нм в случае CaAs). Из (4) следует, что минимальная энергия оптических переходов в гетероструктуре типа квантовой ямы равна

$$E_{opt} = E_g + E_{el} + E_{h1} = E_g + \Delta E(L) \quad (5)$$

где E_{el} и E_{h1} — минимальный и максимальный дискретные уровни энергии для электронов и дырок соответственно. Таким образом, квантово-размерный эффект приводит к зависимости длины волны излучения от ширины ямы; из (4) следует, что чем шире яма, тем меньше энергия фотона и больше длина волны. То, что в квантовой яме существуют дискретные уровни энергии, приводит к перераспределению электронных состояний внутри зоны проводимости. Можно показать, что плотность энергетических состояний в случае «двумерной» гетероструктуры имеет вид

$$\rho^{2D}(E) = \sum_n \frac{n}{\pi \hbar^2 L} \Theta(E - E_n) \quad (6)$$

где $\Theta(E - E_n)$ — функция ступени.

Совершенно аналогично, для случая одномерной квантово-размерной структуры типа «квантовой проволоки», в которой движение носителей заряда ограничено по двум направлениям, для собственных значений энергии E_{nm} получим формулу типа (4), но с двумя квантовыми числами n и m . При этом движение носителей квазиклассично в направлении квантовой проволоки и вырождено по двум другим направлениям. Плотность энергетических состояний электронов в квантовой проволоке имеет вид

$$\rho^{1D}(E) = \sum_{nm} \frac{(n^2 + m^2)^{\frac{1}{2}}}{2\pi\hbar L} N_{QW} (E - E_{nm})^{-\frac{1}{2}} \quad (7)$$

где N_{QW} — поверхностная плотность квантовых проволок. Наконец, для трехмерного островка, у которого все линейные размеры составляют величину порядка нескольких десятков нм, движение носителей заряда будет вырождено по всем трем направлениям, откуда и происходит название «квантовая точка». Для собственных значений энергии E_{nml} будем иметь формулу типа (4) с тремя квантовыми числами n , m и l . При этом плотность энергетических состояний электронов в квантовой точке является суммой атомно-подобных дискретных уровней энергии

$$\rho^{0D}(E) = \sum_{nml} 2N_{QD} \delta(E - E_{nml}) \quad (8)$$

где N_{QD} — поверхностная плотность квантовых точек и $\delta(E - E_{nml})$ — дельта-функция Дирака.

Физический смысл формулы (8) очевиден: на каждом дискретном уровне энергии в квантовой точке может находиться два электрона с различными ориентациями спинов, а плотность этих уровней определяться плотностью самих квантовых точек. Изменение плотности состояний при уменьшении размерности структуры иллюстрируется рис. 2. Дискретный атомо-подобный спектр энергий в квантовой точке и его зависимость от размера островка позволяет создавать полупроводниковые лазеры и другие оптоэлектронные устройства с активной областью на основе ансамблей квантовых точек, обладающие следующими преимуществами: 1) возможность изменения длины волны за счет размера островков; 2) высокая температурная стабильность при комнатной температуре за счет дискретизации уровней энергии и 3) низкий пороговый ток за счет перераспределения плотности состояний внутри зоны проводимости и валентной зоны.

Читателям, интересующимися оптическими свойствами и лазерами на их основе мы рекомендуем монографию [4] и статьи [5,6], где эти вопросы освещены достаточно подробно.

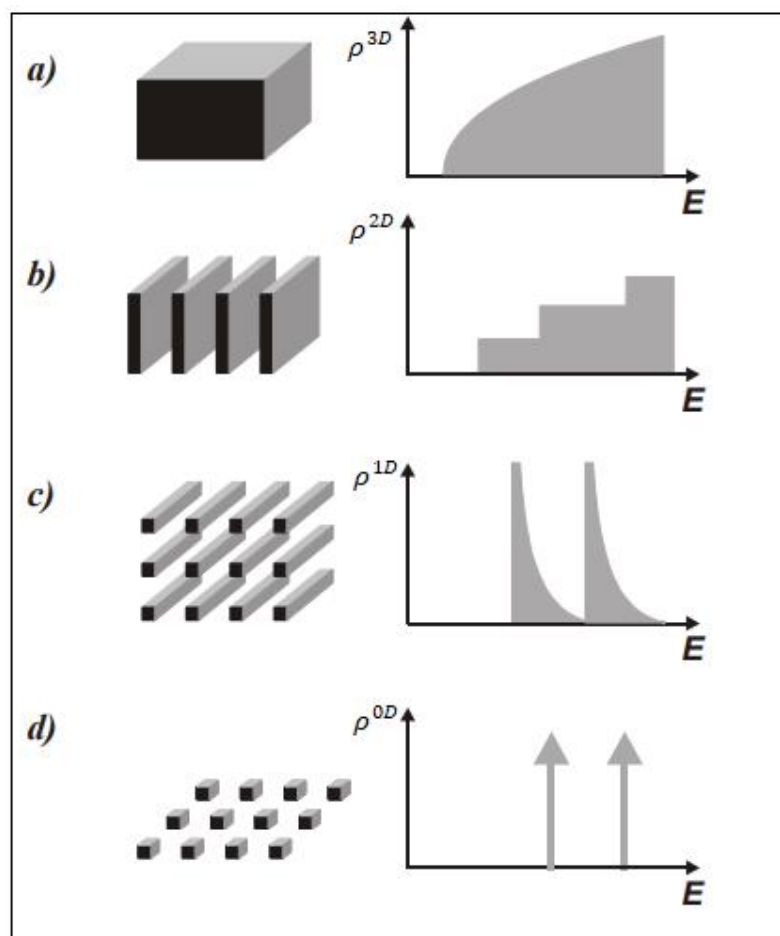


Рис. 2: Качественный вид плотности энергетических состояний носителей заряда в объемном полупроводнике (а), квантовой яме (b), квантовой проволоке (с) и квантовой точке (d)

Выводы

В работе показано, что разграничение кристаллических систем на квантово-размерные и объёмные можно осуществлять по величине длины волны де-Бройля свободного электрона. Рассмотрены электрические свойства низкоразмерных квантовых структур. Уровни энергии электрона определены из решения уравнения Шредингера. В квантовой яме с барьерами бесконечной высоты движение электронов является квазиклассическим вдоль барьеров, а в направлении перпендикулярно к барьеру возникают дискретные уровни энергии для электронов, расстояние между которыми возрастает при малых значениях длины ямы в чем и суть квантово-размерного эффекта. Дискретность уровней приводит к перераспределению электронных состояний внутри зоны проводимости.

Для одномерной квантово-размерной структуры движение квазиклассично в направлении квантовой нити и вырождено по двум другим направлениям. Для трехмерного наноструктура движение носителей заряда вырождено по всем трем направлениям.

Литература

1. Фрейк Д.М., Яцишин Б.П. Технологічні аспекти нанокластерних і нанокристалічних структур. Фізика і хімія твердого тіла. Т. 8, № 1. 2007. С. 7–24.
2. Шалимова К.В. Физика полупроводников. М. : Энергия, 1976. 416 с.
3. Дубровский В.Г. Теоретические основы технологии полупроводниковых наноструктур. Санкт–Петербург : Ун-т ИТМО, 2019. 225 с.
4. Кульбачинский В.А. Двумерные, одномерные, нульмерные структуры и сверхрешетки. Москва : МГУ, 1998. 162 с.
5. Силлин А.П. Полупроводниковые сверхрешетки. УФН. Т. 147. Вып. 3. 1985. С. 485–521.
6. Устинов В.М. Технология получения и возможности управления характеристиками структур с квантовыми точками. ФТП. Т. 38, Вып. 8. 2004. С. 963–970.

Nadtochyi V.A., Voronova I.V.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Low-dimensional structures and their properties

The subject of this article are structures of limited dimensions with values of the order of nanometers and special physical properties, in of which quantization of the energy spectrum of mobile charge carriers.

Keywords: *quantum dots, quantum filaments, nanostructures, epitaxy, low-dimensional structures.*

Надточий В.А., Воронова И.В., Сыпчук Е.Ю.

¹ доктор физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой физики, ГВУЗ «ДГПУ»

e-mail: kafedrafiziki2018@gmail.com, ORCID 0000-0001-9890-171X

² студентка 4 курса физико-математического факультета, ГВУЗ «ДГПУ»

e-mail: iryna.voronova.779@gmail.com, ORCID 0000-0002-4880-752X

³ студент 1 курса магистратуры физико-математического факультета, ГВУЗ «ДГПУ»

e-mail: sypchuk_egor@ukr.net, ORCID 0000-0003-0913-0461

КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ И КВАНТОВЫЕ НИТИ ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

В представленной статье рассмотрен новый способ создания на поверхности монокристаллического германия квантовых нитей (1D структур) для приборных применений.

Ключевые слова: *квантовые нити, квантовые точки, низкоразмерные структуры, лазер, фотоэлектроника.*

Введение

Отличительной особенностью алмазоподобных кристаллов Ge, Si, GaAs, InAs является проявление в их тонких (~ 100 мкм) приповерхностных слоях микропластичности в интервале температур (77 – 300 К) при сравнительно невысоких напряжениях (5-10 кгс/мм²) [1]. Микропластичность происходит по диффузионно-дислокационному механизму, что дает возможность управлять структурным состоянием приповерхностных слоев этих кристаллов воздействием внешних факторов. Современные методы структурного анализа полупроводников, обладающие атомарным разрешением, позволяют получать более подробную информацию о поверхностных преобразованиях в деформируемых кристаллах. С помощью атомно — силовой сканирующей микроскопии, рамановской спектроскопии комбинационного рассеяния света авторам [2,3] удалось обнаружить, что при создании в приповерхностных слоях Ge градиентов механических напряжений наблюдается массоперенос вещества вдоль поверхности и из приповерхностного слоя — вдоль линий дислокаций на поверхность. Процесс диффузионного массопереноса при $T = 310$ К сопровождается образованием структур типа лунка — островок нанометровых размеров или массивов островков [2]. Подобные наноструктуры с размерами ≤ 50 нм классифицируются как квантовые точки (КТ), нашедшие широчайшие применения в полупроводниковой электронике [2-8].

Основная часть

В данной работе впервые с использованием явления диффузионно-дислокационного механизма переноса атомов [2] были выращены наноструктуры в виде квантовых нитей (КН), ориентированных в предпочтительном направлении системой дислокаций в параллельных плоскостях скольжения типа (111) (рис. 1).

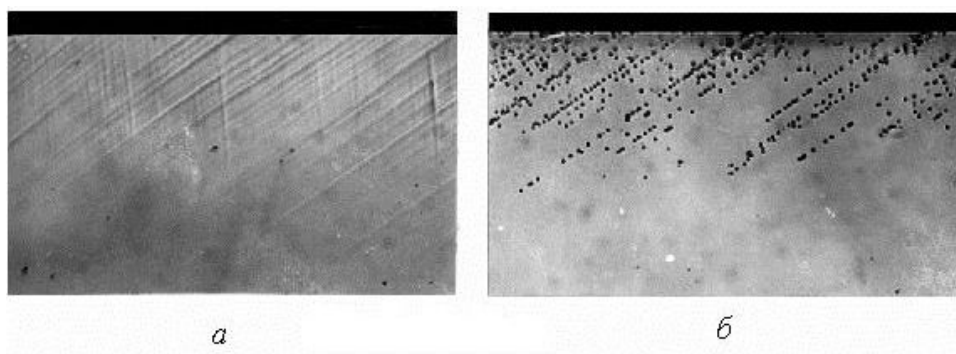


Рис. 1: Дислокационные структуры на поверхностях образца Ge после деформации изгиба вокруг оси [112] при напряжении $\sigma = 10 \text{ кгс/мм}^2$. Время выдержки под напряжением составляло 3 часа; *а* — до избирательного химического травления, *б* — после травления

Предварительно был подготовлен образец Ge прямоугольной формы для изгиба при температуре 300°C . Ориентация была выбрана так, чтобы во время деформации изгибом вокруг кристаллографической оси [112] действовала только одна система скольжения [9]. Для выявления дислокаций использовали химический травитель на основе водного раствора CrO_3 и HF при соотношении в объемных частях 1:1, время травления составляло несколько секунд. Плотность дислокаций в плоскостях скольжения зависела от величины деформации. Точки выхода дислокаций на поверхность служили центрами зарождения островковых образований.

По рассмотренной методике введения дислокаций было подготовлено 5 образцов Ge в форме прямоугольных параллелепипедов размерами $3 \times 4 \times 10 \text{ мм}$. Эта партия образцов перед испытаниями изгибом при 300 K подвергалась только химической полировке для очистки поверхностей. Повторное деформирование образцов для выращивания нитевидных структур выполняли так же, как и при выращивании не ориентированных островков в работе [3].

Для структурных наблюдений использовали оптический микроскоп МЕТАМ – Р1 и зондовый микроскоп Nanoscope IIIa Demension 300^{TM} (Veeco Inc). На рис. 2, *а* представлен фрагмент небольшого участка гребня, сформированного из отдельных островков после их увеличения и перекрытия. На плотно упакованных рядах дислокаций островки на определенной стадии ро-

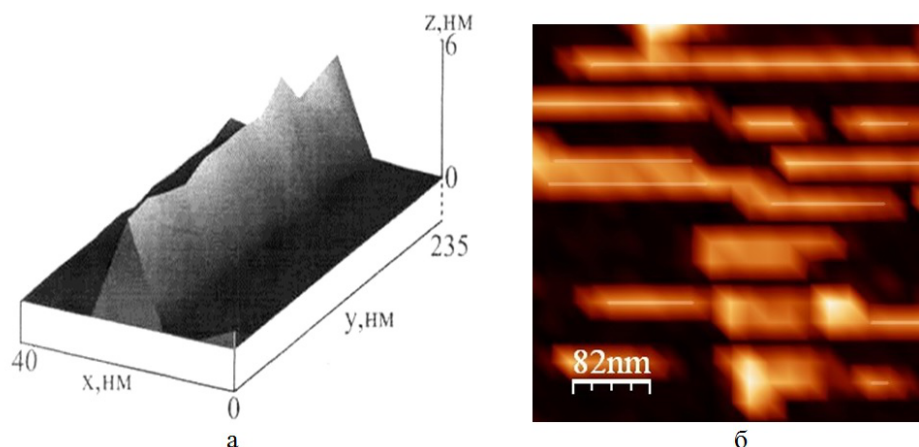


Рис. 2: Наноструктуры КН, выращенные в результате действия диффузионно - дислокационного массопереноса вещества из объема кристалла вдоль линий дислокаций на поверхность; *a* — объемное изображение структуры в виде гребня, *б* — вид на ориентированные КН сверху

ста деформируемого образца преобразуются в завершенные гребни (КН) с постоянной высотой по длине (рис. 2, *б*). На отдельных полупетлях дислокаций с более разнесенными точками выхода на поверхность выращиваются без слияния наноструктуры (КТ) (рис. 3).

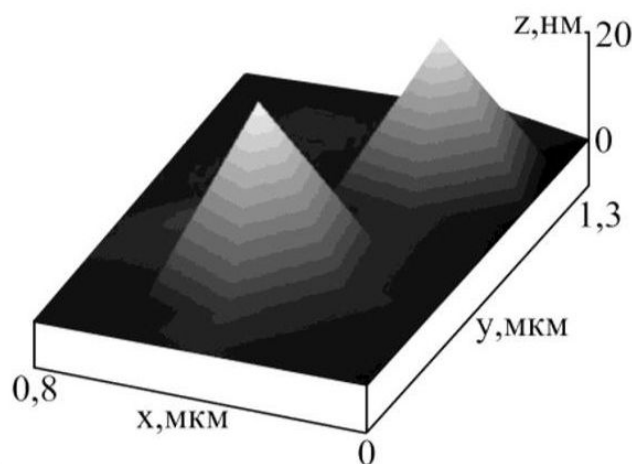


Рис. 3: Наноструктуры КТ, сформированные при диффузионном массопереносе вещества вдоль участков дислокационной полупетли на поверхность

Таким образом, изменяя плотность затравочных дислокаций в полосах скольжения можно управлять размерами и формой выращенных наноструктур: получать массивы ориентированных КТ или КН. Можно обратить внимание на особенность формы КТ на рис. 3: проявились отдельные террасы из совокупности атомных плотностей вследствие очень высокой разрешающей возможности атомно-силового микроскопа. Это явление нам удалось наблюдать впервые.

Применение КТ и КН. Поверхностные полупроводниковые структуры используются для разработки высокоскоростных логических элементов, преобразователей оптической энергии с высоким КПД, отражателей высокоэнергетических потоков, в нанофотонике и лазерах. На рис. 4, а показана схема лазера на СКТ. Активная область лазера с квантовыми точками встроена в $p-n$ -переход из GaAs и ограничена с обеих сторон слоями InGaP или AlGaAs, имеющих меньший чем в GaAs показатель преломления. Эти слои образуют оптический волновод для излучения, которое распространяется в плоскости СКТ.

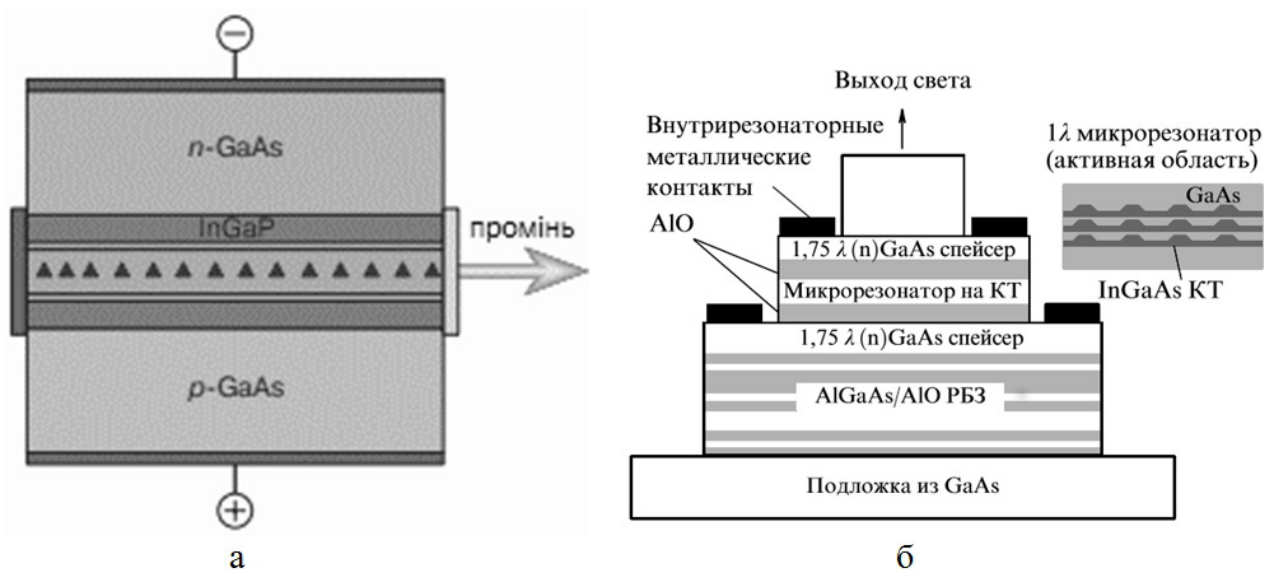


Рис. 4: а — схема инжекционного полупроводникового лазера на самоорганизованных квантовых точках (КТ); б — схематическое изображение лазера с вертикальным излучением на КТ

Торцевые грани лазера, полученные раскалыванием кристалла по плоскостям спайности и покрытые с одной стороны непрозрачным, а с другой стороны полупрозрачным зеркалом, образуют резонатор Фабри – Перо длиной около 1 мм. Через $p-n$ -переход пропускают ток в прямом направлении, что приводит при большой плотности тока к инверсной заселенности уровней энергии и генерации излучения [10].

На рис. 4, б показано схематическое изображение более современного лазера [11]. Его основные преимущества по сравнению с первым вариантом (рис. 4, а):

- 1) отсутствие интерфейсной рекомбинации на апертуре;
- 2) уменьшение бокового растекания носителей из области апертуры.

Выводы

В работе использован новый метод выращивания квантово-размерных структур для полупроводниковой электроники, основанный на использовании диффузионно-дислокационного массопереноса вещества при создании градиентов механических напряжений. Выращиваемые структуры из квантовых нитей и квантовых точек линейно ориентируются под действием предварительно введенных дислокаций в параллельных плоскостях скольжения, на которых наноостровки зарождаются. Рассмотрены примеры использования КТ и КН в приборостроении.

Литература

1. *Надточій В.О.* Мікропластичність алмазоподібних кристалів (Si, Ge, GaAs, InAs) Дис. д-ра. фіз.-мат. наук. Харків : Харківський національний ун-т ім. В.Н. Каразіна., 2006. 36 с.
2. *Надточий В.А., Уколов А.И., Алехин В.П.* Исследование поверхности деформированного монокристалла германия методом атомно-силовой микроскопии. Деформация и разрушение материалов. М. 2012. №4. С. 26-32.
3. *Уколов О.І.* Утворення дефектів та низькорозмірних атомних структур у приповерхневих шарах германію під час деформації в інтервалі температур 300–600 К. Дис. канд. фіз.-мат. наук. Харків : Харківський національний ун-т ім. В.Н. Каразіна., 2014. 20 с.
4. *Nadtochiy V., Golodenko M., Moskal D.* Investigation of dislocations in Ge single crystals by scanning electron beam. Functional Materials. 2004. V. 11, №1. P. 40–43.
5. *Устинов В.М.* Технология получения и возможности управления характеристиками структур с квантовыми точками. ФТП. 2004. Т. 38., Вып. 8. С. 963–970.
6. *Талочкин А.Б., Чистохин И.Б., Марков В.А.* Продольная фотопроводимость многослойных Ge/Si-структур с квантовыми точками Ge. ФТП. 2009. Т. 43., Вып. 8. С. 1034–1038.
7. *Венгреневич Р.Д., Гудыма Ю.В., Ярема С.В.* Оствальдовское созревание в условиях смешанного типа диффузии. ФТП. 2001. Т. 35., Вып. 12. С. 1440–1444.
8. *Алексеев П.А., Дунаевский М.С., Михайлов А.О. и др.* Электрические свойства GaAs нитевидных нанокристаллов, выращенных на гибридных подложках графен/SiC. ФТП. 2018. Т. 52., Вып. 12. С. 1507–1511.
9. *Родес Р.Г.* Несовершенства и активные центры в полупроводниках. М. : Металлургия, 1968. 371 с.

10. Карнович И.А. Квантовая инженерия: самоорганизованные квантовые точки. Соросовский образовательный журнал. 2001. Т. 7., Вып. 11. С. 102–108.
 11. Алферов Ж.И. Двойные гетероструктуры: концепция и применения в физике, электронике и технологии. УФН. 2002. Т. 172., №9. С. 1068–1086.
-

Nadtochyi V.A., Voronova I.V., Sypchuk Y.Y.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Quantum dots and quantum filaments for modern semiconductor electronics

In the presented article, a new method is considered for creating quantum filaments (1D structures) on the surface of single-crystal germanium for instrument applications.

Keywords: *quantum filaments, quantum dots, low-dimensional structures, laser, photoelectronics.*

ОСОБЕННОСТИ ФОТОФИЗИКИ ТРИПТОФАНА В СОСТАВЕ БЕЛКОВ

Показано, что с плоскостью индольной группы триптофана могут взаимодействовать не только атом кислорода карбонильной группы триптофана, но и атомы кислорода других аминокислотных остатков белка. Расстояния для таких взаимодействий не могут превышать 5 Å. Обнаружены интересные для дальнейшего изучения пары аминокислотных остатков, равноудаленные от индольной группы и находящиеся с противоположных сторон плоскости кольца на расстояниях от него порядка 4 Å.

Ключевые слова: *фотофизика, триптофан, белки.*

Введение

После нашей работы [1] в которой был обнаружен эффект светового тушения фосфоресценции триптофана, появились новые экспериментальные данные [2-4], позволяющие понять основные детали механизма фотофизических процессов, ответственных за наблюдаемый эффект. Результаты наших экспериментов позволили предположить, что фотофизические процессы триптофанового остатка белковых молекул могут зависеть от ближайшего окружения этого остатка в молекуле белка. Исследованию такого предположения посвящена данная работа.

Материалы и методы

Измерения фосфоресценции проводили на фосфороскопической установке, описанной ранее [1], в одинаковых для всех образцов условиях. Растворы помещали в кварцевую трубку с внутренним диаметром 2 мм и замораживали до 77 К. Облучение образцов для генерации люминесценции и фосфоресценции проводили светом в диапазоне длин волн 280-310 нм. Для наблюдения эффекта светового тушения фосфоресценции образец дополнительно облучался светом в диапазоне полосы триплет-триплетного поглощения (400-500 нм). Структура изучаемых белков получена из Банка Данных Белков (Protein Data Bank (PDB)). Анализ деталей пространственной структуры исследуемых молекул выполнялся с помощью программного инструмента DeepView (Swiss-PdbViewer), Швейцарский Институт Биоинформатики.

Результаты и обсуждение

Ранее нами были выполнены измерения фосфоресценции ряда молекул белков, содержащих триптофан, в условиях, позволяющих наблюдать эффект светового тушения фосфоресценции молекул при дополнительном облучении образца светом в области триплет-триплетного поглощения триптофана (400 - 500 нм) [2-4]. Спектроскопические свойства триптофана определяются его индольной группой, имеющей сопряженную систему π - электронов, а также гетероатомом азота, наличие которого снимает квантовомеханические запреты на переходы в ближней УФ области спектра. Наличие в белках триптофанового ароматического аминокислотного остатка позволяет наблюдать для них эффект светового тушения фосфоресценции. В таблице 1 показаны краткие сведения о белках, которые исследовались в данной работе.

Таблица 1. Коды PDB исследованных белков, триптофановые остатки в них и параметры [3] фототушения фосфоресценции (δ).

Белок	Код PDB	Триптофановые остатки белка	δ
Альбумин человека	1E7B	TRP214	0,65
Яичный альбумин	1OVA	TRP160, TRP194, TRP275	0,49
Рибонуклеаза	1QMT	TRP10, TRP35	0,33

При предварительном анализе структуры молекул мы выяснили, что карбонильная группа $>C=O$ триптофана в результате вращения вокруг соответствующих одинарных связей C-C может располагаться достаточно близко от индольной группы молекулы. Поскольку за фотофизические свойства индольной группы ответственна сопряженная π - электронная система, нас интересовали такие ориентации карбонильной группы, при которых атом кислорода этой группы находится над плоскостью индольной группы. Именно такие ориентации позволяют взаимодействовать электронам π - системы индола с электронами карбонильной группы.

Результаты представлены в таблицах 2 – 4. Наши наблюдения касались плоской индольной группы этих фрагментов. Эту группу образуют атомы углерода CE2, CZ2, CH2, CZ3, CE3, CD2, CG, CD1, а также атом азота NE1 (здесь и далее используются стандартные обозначения атомов, принятые в системе PDB). В стандартных случаях указаны расстояния (Ангстрем) от атома кислорода триптофана (O) до одного из атомов углерода (C) или атома азота (N) индольной группы. В некоторых случаях индольная группа сближена с атомом кислорода другого аминокислотного остатка. В таких ситуациях в таблице указан соответствующий аминокислотный остаток и расстояния от его атома кислорода до атомов индольной группы триптофанового остатка.

Альбумин человека. Результаты измерений для одного из исследованных нами белков, Альбумина человека (1E7B.pdb), представлены в таблице 2. Выбор этого белка обусловлен его относительной простотой и самым высоким, среди измеренных нами, коэффициентом светового тушения флуоресценции (Табл. 1).

Таблица 2. Расстояния (Ангстрем - Å) от атомов индольной группы TRP214 до атома кислорода карбоксильной группы TRP214.

TRP214 — TRP214(O)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
O-NE1	O-CD1	O-CG	O-CD2	O-CE3	O-CZ3	O-CH2	O-CZ2	O-CE2
4.37	3.97	3.30	3.34	3.57	4.40	4.95	4.82	4.04

Из таблицы видно, что все 9 атомов, образующих плоскую индольную группу триптофана находятся на расстоянии меньше 5 Å от атома кислорода. Более того, 4 атома углерода индольной группы сближены с атомом кислорода на расстояния меньше 4 Å. Такая конфигурация обеспечивает высокую эффективность взаимодействия индольной группы белка с атомом кислорода карбонильной группы и, как следствие, высокую эффективность фотофизических процессов светового тушения флуоресценции молекулы (Табл. 1).

Яичный альбумин. В этой молекуле имеется три триптофановых остатка - TRP160, TRP194 и TRP275. Кроме того, для каждого из этих остатков его индольная группа может взаимодействовать с атомом кислорода соседних аминокислотных остатков - Тирозина (TYR119) с TRP160, Аланина (ALA343) с TRP194, (Лизина) LYS271 с TRP275. В двух случаях (для TRP160 и TRP275) атомы кислорода соседних аминокислотных остатков находятся с обратной стороны плоскости индольной группы. В Таблице 3 это отмечено знаками (—) перед соответствующими расстояниями.

Из таблицы 3 можно видеть, что для триптофанового аминокислотного остатка TRP160 с двух сторон индольной группы находятся практически на равном удалении атомы кислорода триптофана и тирозина. Отсюда можно было предположить высокую эффективность фотофизических процессов, приводящих к световому тушению флуоресценции этого белка. Результат наблюдаемого относительно невысокого эффекта, очевидно, требует дальнейших исследований. В данном случае он может маскироваться взаимодействием обоих атомов кислорода на фотофизические процессы в одной и той же индольной группе триптофана.

Таблица 3. Расстояния от атомов индольных групп TRP160, TRP194 и TRP275 с собственными атомами кислорода и атомами кислорода соседних аминокислотных остатков TYR119, ALA343, LYS271.

TRP160 — TRP160(O)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
O-NE1	O-CD1	O-CG	O-CD2	O-CE3	O-CZ3	O-CH2	O-CZ2	O-CE2
4.36	3.77	3.37	3.81	4.34	5.27	5.73	5.34	4.42

TRP160 — TYR119(O)

O-NE1	O-CD1	O-CG	O-CD2	O-CE3	O-CZ3	O-CH2	O-CZ2	O-CE2
-4.92	-4.39	-3.50	-3.62	-3.64	-4.54	-5.31	-5.34	-4.50

TRP194 — TRP194(O)

O-NE1	O-CD1	O-CG	O-CD2	O-CE3	O-CZ3	O-CH2	O-CZ2	O-CE2
6.60	5.38	4.58	5.61	5.95	7.33	8.23	8.03	6.76

TRP194 — ALA343(O)

O-NE1	O-CD1	O-CG	O-CD2	O-CE3	O-CZ3	O-CH2	O-CZ2	O-CE2
4.33	3.35	3.77	4.92	6.00	7.12	7.31	6.45	5.18

TRP275 — TRP275(O)

O-NE1	O-CD1	O-CG	O-CD2	O-CE3	O-CZ3	O-CH2	O-CZ2	O-CE2
6.55	5.22	4.58	5.79	6.31	7.67	8.50	8.15	6.85

TRP275 — LYS271(O)

O-NE1	O-CD1	O-CG	O-CD2	O-CE3	O-CZ3	O-CH2	O-CZ2	O-CE2
-3.94	-3.54	-3.18	-3.36	-3.90	-4.73	-5.08	-4.73	-3.87

Для TRP194 с одной стороны индольной группы расположены два атома кислорода, один принадлежит TRP194, а другой ALA343. Из данных, представленных в соответствующем месте таблицы 3 хорошо видно, что атом кислорода существенно удален от плоскости индольной группы (от 5 до 8 Å). Это означает, что на фотофизические свойства индольной группы этот атом не должен заметно влиять. Возможность взаимодействия TRP194 с атомом кислорода ALA243 сравнима с такой возможностью с участием атома кислорода TRP194. Таким образом можно считать, что фотопроцессами с участием триплетного состояния TRP194 можно пренебречь.

Интересная ситуация наблюдалась для TRP275. Для этого триптофана вероятность взаимодействия атома кислорода его карбонильной группы с индольной группой должна быть очень малой (расстояние между этими группами от 5 до 8Å). Однако атом кислорода соседней аминокислоты LYS271 оказался на очень малом расстоянии от индола TRP275 (3.18 - 3.54Å). Таким образом, в этом случае возможны фотопроцессы с участием триплетного возбужденного состояния, однако они могут носить специфический характер, что требует дополнительных исследований.

Рибонуклеаза. Для каждого из двух триптофановых остатков TRP10 и TRP35 полипептидной цепи этого белка показаны расстояния от соответствующих атома кислорода карбоксильной группы до атомов индольного кольца.

Таблица 4. Расстояния от атомов индольных групп TRP10 и TRP35 до соответствующих атомов кислорода.

TRP10 — TRP10(O)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
O-NE1	O-CD1	O-CG	O-CD2	O-CE3	O-CZ3	O-CH2	O-CZ2	O-CE2
4.72	4.12	3.46	3.77	4.08	5.04	5.64	5.45	4.55

TRP35 — TRP35(O)

O-NE1	O-CD1	O-CG	O-CD2	O-CE3	O-CZ3	O-CH2	O-CZ2	O-CE2
4.64	3.90	3.42	3.42	4.54	5.58	6.10	5.75	4.71

Эти расстояния достаточно малы, что позволяет предположить, что оба этих триптофановых остатка с близкой вероятностью могут давать вклад в эффект светового тушения флуоресценции белка (см. Табл. 1). Однако, из наших данных (Табл. 1) следует, что ожидаемая высокая эффективность такого эффекта заметно ниже реальной. Выяснение причин этого требует дополнительных исследований.

Выводы

Результаты наших измерений показали, что с плоскостью индольной группы триптофана могут взаимодействовать не только атом кислорода карбонильной группы триптофана, но и аналогичные составляющие других аминокислотных остатков белка. Расстояния для таких взаимодействий находятся в пределах 3,3 - 5Å. Для Яичного альбумина (1OVA.pdb) обнаружены интересные для дальнейшего изучения пары аминокислотных остатков, равноудаленные от индольной группы и находящиеся с противоположных сторон индола на расстояниях от него порядка 4Å. Особый интерес представляет

изучение фотофизики этого белка для TRP160. Дополнительных исследований требует также заметное различие ожидаемой эффективности светового тушения от измеряемой.

Литература

1. Львов К.М., Кузнецов С.В., Костиков А.П. Обратимое снижение интенсивности фосфоресценции триптофана при действии света в области триплетного поглощения при 77К. Биофизика. 1993. Т. 38. С. 568–573.
2. Kostikov A.P. Light induced deactivation of tryptophan phosphorescence in proteins. Biophysical Journal. 2003. V. 84. P. 500A.
3. Костиков А.П. Светоиндуцированная дезактивация фосфоресценции триптофана, роль карбонильной группы в механизме этого явления. Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ. 2018. Вип. 8. С. 65–70.
4. Костиков А.П. Структурные особенности триптофана, влияющие на светоиндуцированную дезактивацию фосфоресценции белков. Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ. 2019. Вип. 9. С. 52–59.

Kostikov Alexander P.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Structural particular qualities of tryptophan influencing on the light induced deactivation of proteins phosphorescence.

The results of our measurements showed that not only the oxygen atom of the tryptophan carbonyl group, but also similar components of other amino acid residues of the protein can interact with the plane of the indole group of tryptophan. Distances for such interactions are in the range 3.3 - 5 Å. For Egg Albumin (1OVA.pdb) pairs of amino acid residues interesting for further study were found that were equidistant from the indole group and located on opposite sides of the indole at distances from it of the order of 4 Å. Of particular interest is the study of the photophysics of this protein for TRP160. Additional research also requires a noticeable difference in the expected light quenching efficiency from the measured one.

Keywords: *photophysics, tryptophan, protein.*

УДК 524.882

Калугін В.В., Назаров С.В., Шиманська Л.А., Белошанка О.Я.

¹ учень 11 класу КЗ «Маріупольський технічний ліцей» Маріупольської міської ради Донецької області

ORCID 0000-0001-6670-9600

² науковий співробітник Кримської астрофізичної обсерваторії

ORCID 0000-0002-9893-4252

³ старший учитель, учитель фізики та астрономії КЗ «Маріупольський технічний ліцей» Маріупольської міської ради Донецької області

e-mail: poshtaukr71@ukr.net, ORCID 0000-0003-0256-4355

⁴ старший викладач кафедри фізики, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: kafedrafiziki2018@gmail.com, ORCID 0000-0001-7448-3832

ДОСЛІДЖЕННЯ АКТИВНИХ ЯДЕР ГАЛАКТИК

Стаття присвячена дослідженню характеристик активного ядра галактики 3C 382 в сузір'ї Ліри. У процесі дослідження проведені фотометричні вимірювання за допомогою програми Maxim DL Pro 6, у якій застосовувався метод апертурної фотометрії, побудовано графік залежності зоряної величини від часу, за допомогою програми WinEFFECT знайдено середній період обертання аккреційного диску та розраховані маса ядра галактики 3C 382, гравітаційний радіус. Отримані результати збігаються з відповідними значеннями, що зберігаються в Центрі астрономічних даних в Страсбурзі.

Ключові слова: галактика, активне ядро галактики, аккреційний диск, гравітаційний радіус, період обертання, чорна діра, квазар, блазар, сейфертовська галактика, радіогалактика, блиск.

Вступ

Галактики з активними ядрами є найбільш незвичайними й загадковими об'єктами Всесвіту. Від спокійних звичайних галактик вони відрізняються величезним викидом енергії, що виробляється в ядрах таких галактик. Це неможливо пояснити стандартною теорією, пов'язаною з викидом енергії з ядер зірок унаслідок термоядерних реакцій в їхніх надрах. Вони мають змінність випромінювання в дуже широкому хвильовому діапазоні: від гамма-випромінювання до радіохвиль.

Дослідження активних ядер галактик наблизить людство до розуміння ранніх етапів розвитку нашого Всесвіту — того часу, коли ще тільки зароджувалися зірки, галактики, а надмасивні чорні діри, можливо, уже існували. Не виключено, що ці об'єкти стали центрами, навколо яких поступово утворилися галактики.

Явище, що ми можемо спостерігати в галактиках з активними ядрами, а саме величезний викид енергії з ядер, становить дуже великий інтерес з точки зору безпеки нашої цивілізації: якщо такий спалах станеться в сусідній з нами галактиці, то існування людства може стати під загрозою.

Тому за мету ставимо дослідження характеристик активного ядра галактики 3C 382 в сузір'ї Ліри: побудова графіку зміни блиску ядра галактики, визначення середнього періоду обертання аккреційного диску, визначення маси ядра галактики, визначення гравітаційного радіусу.

Основна частина

Активні ядра галактик — це найяскравіші джерела світла у Всесвіті. Їхня світність коливається від 10^{33} до 10^{41} Вт, що в 103 рази більша, ніж у багатьох так званих спокійних галактик. Джерело, що випромінює таку потужну енергію, повинно мати розміри порівняні із розміром Сонячної системи.

Ці небесні тіла, зазвичай, виглядають як зореподобні об'єкти, з потужним випромінюванням у діапазоні від радіо- до γ -хвиль з періодичністю випромінювання від кількох хвилин до кількох років. Природа цього випромінювання нетеплова. У більшості активних ядер галактик присутні високошвидкісні вузькі викиди газу у вигляді струменів, які називають джетами (від англ. jet). Джети, як правило, мають у кілька разів більші розміри, ніж сама галактика. Значення видимої швидкості розповсюдження джетів коливається від кількох відсотків швидкості світла до швидкості світла.

Виділяють такі характерні ознаки активних ядер галактик.

1. Нетепловий вид спектру: випромінювання лежить у діапазоні від радіо до гамма випромінювання.
2. Змінність, тобто зміна видимого блиску з періодом від 10 хвилин (у рентгенівському діапазоні) до 10 років (в оптичному та радіодіапазонах).
3. Наявність широких ліній у спектрі, що свідчить про рух гарячого газу з великими швидкостями.
4. Морфологічні особливості (викиди, «гарячі плями»).
5. Спектральні та поляризаційні особливості, які можуть, наприклад, свідчити про наявність магнітного поля та про його структуру.

Існує декілька теорій, що намагаються пояснити активність ядер. Перша теорія передбачає наявність у центрі галактики щільного масивного зоряного скупчення, у якому багато молодих зірок з великою світністю. Згідно з другою теорією джерелом ядерної активності є дуже масивний об'єкт, подібний до зірок з потужним магнітним полем. Третя та четверта теорії пов'язані

з таким об'єктом, як чорна діра. В одній теорії передбачається наявність однієї чорної діри в центрі галактики, а в іншій передбачається наявність у неї супутника. У результаті падіння речовини на чорну діру (цей процес називається акрецією) відбувається виділення величезної кількості енергії. Надмасивні чорні діри, можливо, є однією з причин виникнення загадкових гамма-сплесків — найпотужніших вибухів, що відбуваються на космологічних відстанях від нашої галактики. Ці явища мають великий інтерес, адже якщо такий спалах станеться в сусідній з нами галактиці, то існування людства може стати під загрозою.

Галактики з активними ядрами класифікують на сейфертовські галактики, радіогалактики, квазари та блазари. У 1940-х рр. К. Сейферт виявив у спектрах 12 яскравих ядер спіральних галактик широкі лінії водню, гелію та іонізованого заліза. Дослідження щодо розширення цих ліній дозволила виявити, що швидкість руху випроміненого газу в них має становити від кількох сотень до кількох тисяч км/с. Такі галактики отримали назву сейфертівські. Згодом, на основі спектральних характеристик їх було поділено на два основні типи: Сейферти 1 та Сейферти 2. Сейфертовські галактики — це гігантські спіральні галактики. Для блиску цих галактик властива змінність з амплітудою близько однієї зоряної величини й періодом від декількох днів до декількох тижнів.

Майже одночасно з відкриттям сейфертовських галактик сталося відкриття радіогалактик, яким властиве потужне радіовипромінювання (10^{33} – 10^{38} Вт) та дуже малий кутовий розмір джерела. Зазвичай це великі еліптичні галактики, розташовані в центрах груп та скупчень. З них виділяють: *D*-галактики (з протяжними газовими оболонками й потужною радіосвітністю близько 10^{36} Дж/с), *cD*-галактики (гігантські еліптичні радіогалактики з масою 10^{13} мас Сонця, абсолютною зоряною величиною $M = -24$ та світністю у радіодіапазоні 10^{38} Дж/с), *N*-галактики (з дуже яскравим ядром і туманною оболонкою).

У 1950-60-і рр. було відкрито квазари (від англ. *quasistellar object* — квазізоряний об'єкт), тобто джерела радіовипромінювання, що візуально схожі до зірок, але відзначаються змінністю видимого блиску й значною потужністю випромінювання (10^{38} – 10^{41} Вт). Аналіз спектрів квазарів показує, що за хімічним складом вони мало чим відрізняються від звичайних зірок. Розподіл інтенсивності випромінювання в неперервному спектрі квазара й значна поляризація випромінювання вказують на те, що більшість цієї енергії генерується синхротронним механізмом.

Блазари — це потужні джерела електромагнітного випромінювання в ядрах деяких галактик, які асоціюють з надмасивними чорними дірами. Для них характерні досить швидкі зміни світності у всіх діапазонах спектру протягом кількох діб, висока змінність блиску ($4 - 5^m$), значна поляризація випромінювання (30 – 40%), відсутність в спектрах емісійних ліній.

Сучасна астрономія, а саме астрофізика, не обмежується інформацією, отриманою від оптичних зображень, а займається вивченням випромінювань, що йдуть від небесних об'єктів у досить широкому діапазоні. Серед методів астрофізики велике значення мають такі методи, як астрометрія, астроспектроскопія та фотометрія.



Рис. 1: Телескоп АДТ-8 у КрАО

Об'єктом дослідження було обрано галактику з активним ядром 3С 382 у сузір'ї Ліри. За допомогою телескопа АДТ-8 (рис. 1), що знаходиться у Кримській астрофізичній обсерваторії, протягом 112 діб була зроблена серія фотографій галактики 3С 382 у сузір'ї Ліри (рис. 2). Параметри телескопу: монтування — екваторіальне, параболічне дзеркало діаметром 0,7 м і фокусною відстанню 2820 мм, фотометр на базі Apogee AP7p ПЗС-камери. Безпосередньо зйомка проводилась науковим співробітником Кримської астрофізичної обсерваторії С.В. Назаровим. Отримана ним серія фотографій була надана для дослідження.

За допомогою фотометричних вимірювань можна отримати багато інформації про досліджуваний об'єкт. У роботі фотометричні вимірювання виконувались за допомогою програми Maxim DL Pro 6, у якій використовується метод апертурної фотометрії.

Перший крок — це калібрування отриманих фотографій, завдяки якому значно зменшується вплив багатьох процесів, які погіршують якість зображення. Це можуть бути електромагнітні перешкоди, тепловий рух електронів усередині приймача, нерівномірність чутливості матриці камери тощо.

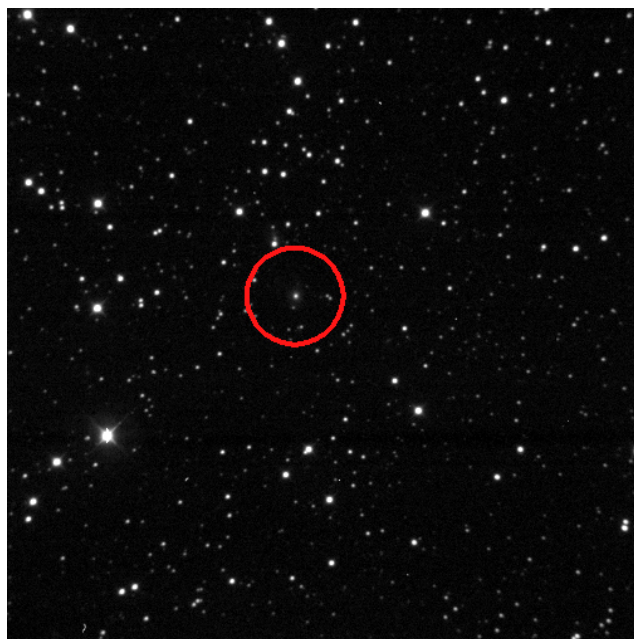


Рис. 2: Фотографія галактики 3C 382 у сузір'ї Ліри

Другий крок — це безпосередньо фотометричні вимірювання (рис. 3). Для цього потрібно відмітити сам об'єкт «New object», опорні зорі «Reference star», блиск яких повинен бути сталим, бо відносно них визначається зоряна величина об'єкта та перевіірочну зорю «Check star», за допомогою якої визначається якість атмосфери, гідрування та інших факторів, що заважають.

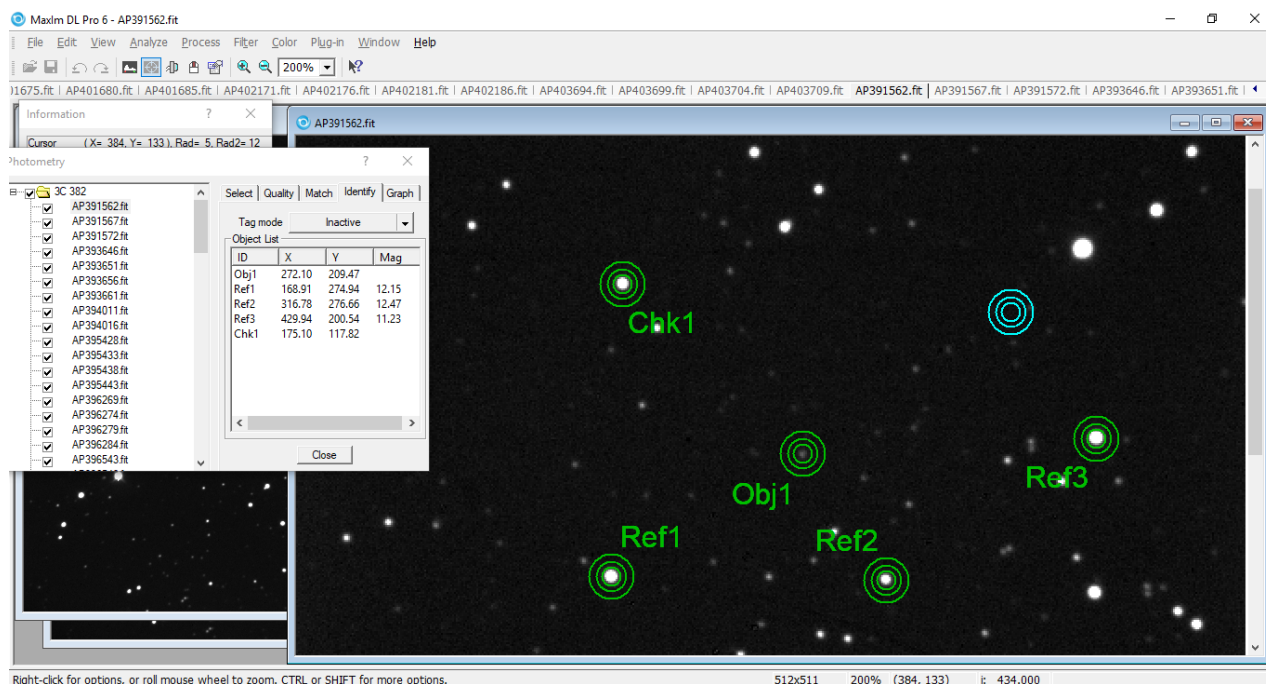


Рис. 3: Калібрування та фотометрія

Для побудови графіка залежності зоряної величини від часу результати, отримані після фотометрії, завантажуються до програми Microsoft Excel (рис. 4).

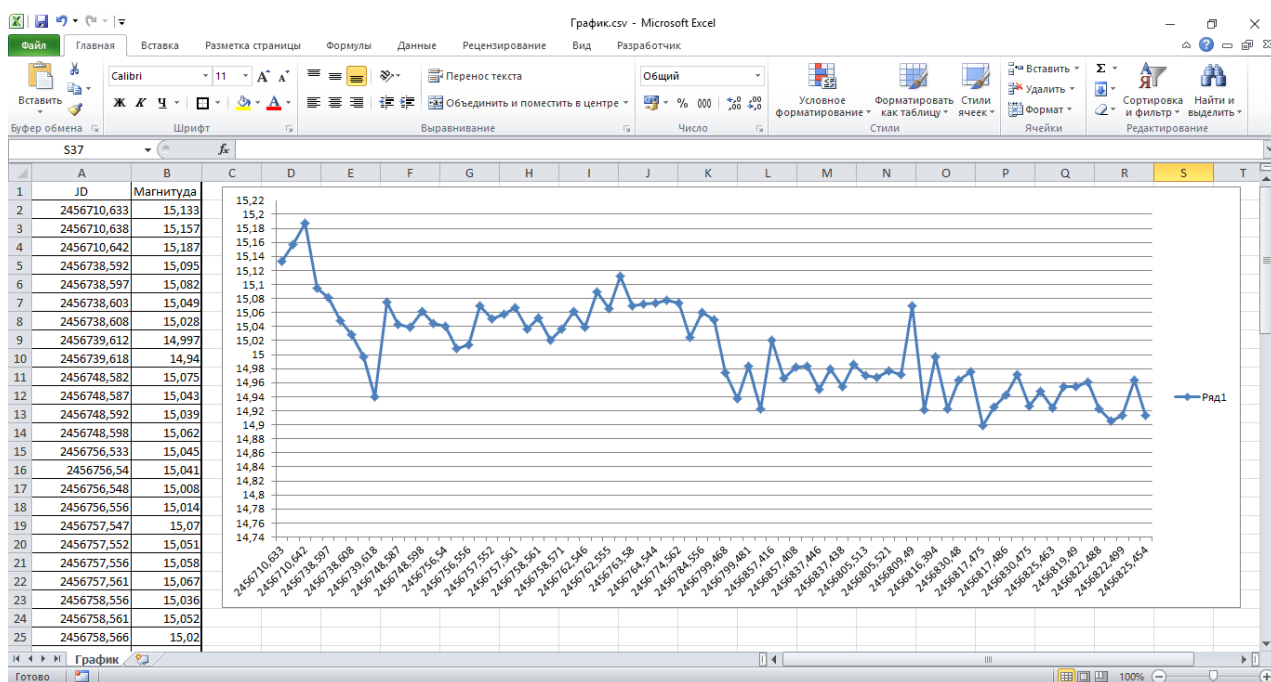


Рис. 4: Побудова графіка залежності зоряної величини від часу

У результаті отримуємо графік залежності зоряної величини ядра галактики 3C 382 (рис. 5).

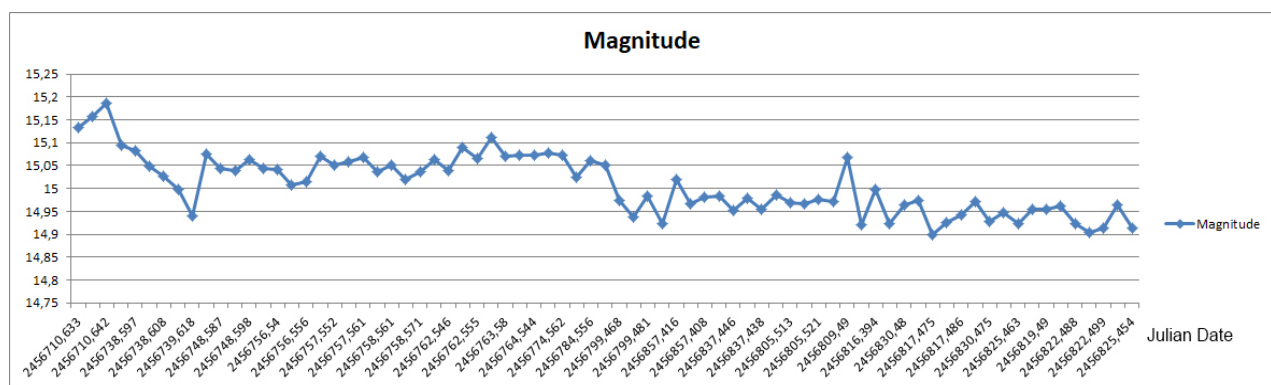


Рис. 5: Графік залежності зоряної величини ядра галактики 3C382

Для визначення середнього періоду обертання аккреційного диску дані, отримані після фотометрії в Maxim DL 6 pro у форматі dat або csv, завантажуються в програму WinEFFECT або її онлайн аналог.

Далі програмі задається одиниці виміру часу (дата), у яких межах може коливатися період обертання аккреційного диску та чи потрібно замінити юліанську дату на григоріанську. Після цього натискаємо «Compute», і програма

завантажує сторінку з результатом. Отриманий середній період дорівнює $T = 52,07$ доби. Зйомка велась у фільтрі V , у якому добре видно сам аккреційний диск чорної діри. Можна стверджувати, що отримане значення T — це і є середній період обертання аккреційного диску.

За даними, що отримані на спектрографі ДТШ (рис. 6), було визначено середню віддаленість аккреційного диску від чорної діри: $a = 0,554$ а.о.

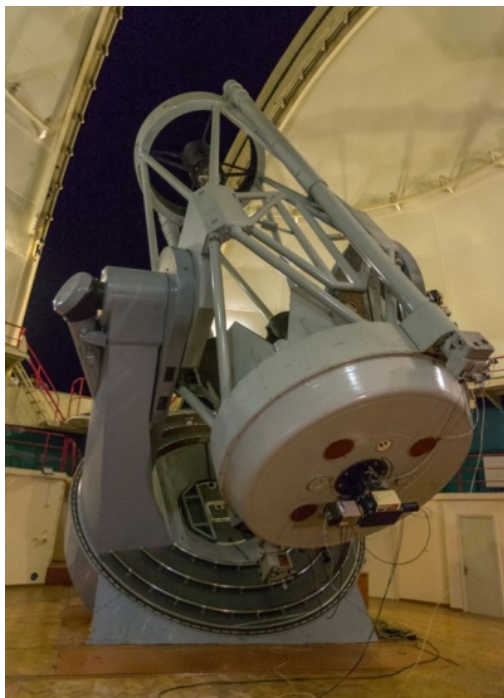


Рис. 6: Телескоп ДТШ в КрАО

Параметри телескопа ДТШ: екваторіальне монтування, діаметр дзеркала 2,6 м, фокусна відстань 41,6 м), розташований в КрАО.

Для розрахунку маси ядра галактики можна скористатись третім законом Кеплера $\frac{T^2(M + m)}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G}$. Якщо знехтувати масою самого диску, можна обчислити масу чорної діри за такою формулою

$$M = \frac{4\pi^2 a^3}{GT^2}, \text{ де:}$$

M — маса чорної діри,

a — середня віддаленість аккреційного диску,

G — гравітаційна стала,

T — середній період обертання.

$$M = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 82897691672,6^3 \text{ м}^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \cdot 4498848^2 \text{ с}^2} = 16,67 \cdot 10^{30} \text{ кг} = 8,31 M_{\odot}$$

Для розрахунку гравітаційного радіуса можна скористатись законом збереження і перетворення енергії. Зміна кінетичної енергії частинки дорівнює зміні її потенціальної енергії: $\Delta E_K = \Delta E_{\Pi}$, тобто

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mGM}{R_G},$$

звідки гравітаційний радіус можна розрахувати за формулою

$$R_G = \frac{2GM}{c^2},$$

де

R_G — гравітаційний радіус,

G — гравітаційна стала,

M — маса ядра галактики,

c — швидкість світла.

Тобто

$$R_G = \frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \cdot 16,67 \cdot 10^{30} \text{кг}}{(3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2} = 26,67 \cdot 10^3 \text{ м}.$$

Розраховані значення маси ядра галактики 3С 382 та гравітаційного радіусу збігаються з відповідними значеннями, які були отримані в астрофізичних обсерваторіях за допомогою телескопів АДТ-8, які займаються моніторингом активних ядер галактик. Ці дані зберігаються в Центрі астрономічних досліджень в Страсбурзі (The Centre de données astronomiques de Strasbourg – CDS), що є електронним сховищем даних, який збирає і поширює астрономічну інформацію.

Висновки

1. Активні ядра галактик характеризуються нетепловим видом спектра, змінністю видимого блиску, широкими спектральними лініями, спектральними та поляризаційними особливостями.
2. Було проведено фотометричні вимірювання за допомогою програми Maxim DL Pro 6, у якій застосовувався метод апертурної фотометрії.
3. У результаті фотометричних вимірювань було побудовано графік залежності зоряної величини від часу, за допомогою програми WinEFFECT, знайдено середній період обертання аккреційного диску та розраховані маса ядра галактики 3С 382, гравітаційний радіус:

$$\Delta T = 52,07 \text{ доби}, \quad M = 16,67 \cdot 10^{30} (\text{кг}) = 8,31 M_{\odot}, \quad R = 26,67 \cdot 10^3 \text{ м}.$$

4. Отримані результати збігаються з відповідними значеннями, що зберігаються в Центрі астрономічних даних в Страсбурзі.
5. Дослідження активних ядер галактик необхідне для розуміння людством ранніх етапів розвитку нашого Всесвіту, перевірки фундаментальних фізичних законів.

Література

1. Активні галактики, радіогалактики і квазари. Астрономічний сайт — ЗОПІ / Галактики.
URL: <http://zori.org.ua/halaktyky/50-aktyvni-halaktyky-radiohalaktyky-i-kvazary.html>
2. Астрономічні спостереження.
URL: https://kern29.at.ua/index/astronomichni_sposterezhennja/0-11
3. Квазари та блазари. Астрономія.
URL: https://my-astronomy.ucoz.ua/index/kvazari_ta_blazari/0-44
4. Модели активних ядер галактик. CollectedPapers. Вісник ЧНУ ім. Юрія Федьковича / Нестационарные явления в галактиках.
URL: https://collectedpapers.com.ua/ru/non_stationary_phenomena_in_galaxies/modeli-aktivnix-yader-galaktik
5. Фотометрия. Энциклопедия физики и техники / Новости науки и техники. URL: http://femto.com.ua/articles/part_2/4371.html
6. Фотометрия в MaxIM DL.
URL: <https://astrotourist.info/fotometriya-v-maxim-dl>
7. Period search service. URL: <http://scan.sai.msu.ru/lk/>
8. SIMBAD Astronomical Database — CDS (Strasbourg).
URL: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-> (дата звернення: 29.10.2019)
9. The astrophysical journal.
URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/aa6d52/meta>

Kaluhin V., Nazarov S., Shymanska L., Beloshapka O.

Municipal Institution «Mariupol technical lyceum» of Mariupol Citi Council, Donetsk region, Ukraine;

Crimean Astrophysical Observatory, Scientific town, Bakhchisarai district, Crimea, Ukraine;

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Research of active galaxis nuclears

The article is devoted to the study of the characteristics of the active nucleus of the galaxy 3C 382 in the constellation Lyra. During the study, photometric measurements were made using Maxim DL Pro 6 software, which used the aperture photometry method, plot the stellar magnitude versus time, using the WinEFFECT program to find the average accretion disk rotation period and calculate the mass of the galaxy 3C 382, the gravitational radius. The results obtained coincide with the corresponding values stored in the Astronomical Data Center in Strasbourg.

Keywords: *galaxy, active nucleus of the galaxy, accretion disk, gravitational radius, rotation period, black hole, quasar, blazar, Seyfert galaxy, radio galaxy, glitter.*

ІНФОРМАТИКА ТА МЕТОДИКА ЇЇ ВИКЛАДАННЯ

УДК 378:51-37

Стьопкін А.В., Турка Т.В., Стьопкіна А.С.

¹ канд. фізико-математичних наук, доц. кафедри математики та інформатики, ДВНЗ «ДДПУ»
e-mail: stepkin.andrej@gmail.com, ORCID 0000-0002-6130-9920

² канд. фізико-математичних наук, доц. кафедри МНМ та МНІ, ДВНЗ «ДДПУ»
e-mail: tvturka@gmail.com, ORCID 0000-0001-6445-2223

³ канд. педагогічних наук, доц. кафедри дошкільної освіти та соціальної роботи, ДВНЗ «ДДПУ»
e-mail: brusala@ukr.net, ORCID 0000-0001-7212-1969

ОФІСНИЙ ПАКЕТ OPENOFFICE НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ

У зв'язку з активним розвитком технологій та широкою комп'ютеризацією різноманітних сфер діяльності суспільства, стає все більш актуальнішим дослідження питання використання інформаційних технологій в системі освіти. Зрозуміло, що це стосується всіх предметів, де на уроках необхідні наочні матеріали. Не є винятком у цьому і вчителі математики, які можуть використовувати різноманітне програмне забезпечення для різного роду візуалізації, автоматизації різноманітних розрахунків та багато іншого. У статті розглядається можливість використання офісних пакетів вчителями математики при підготовці уроків в школі. Аналізується можливість заміни найпоширенішого офісного пакету Microsoft Office на його безкоштовні аналоги без втрати якості освітнього процесу.

Ключові слова: *безкоштовний офісний пакет, програмне забезпечення, OpenOffice.*

Вступ

У зв'язку зі стрімким розвитком технологій та широкою комп'ютеризацією, комп'ютерна техніка відіграє все більшу роль в нашому житті. Стає складно уявити сферу діяльності суспільства в якій би не застосовувалися інформаційні технології. Ще складніше уявити вчителя, який би жодного разу не користувався офісними додатками для створення та редагування документів, презентацій, тощо.

Роботи присвячені впровадженню інформаційних технологій в навчальний процес [1-4] свідчать про зростання інтенсивності досліджень такого впровадження в навчальних закладах. Зважаючи на закордонний та вітчизняний досвід (І.В. Роберт, І.Б. Софронова та ін.) становиться зрозумілим, що інформаційні технології доцільно застосовувати на уроках з усіх предметів.

Основна частина

В наш час є досить велика кількість офісних пакетів. Причому є як безкоштовні так і комерційні продукти. Останнім часом також набирають популярність онлайн сервіси, які дозволяють не тільки створювати, редагувати і зберігати документи, а й надають можливість групового перегляду та редагування цих документів за бажанням автора. Але функціонал таких продуктів в значно поступається своїм офлайн конкурентам, хоча й постійно розширяється. Звісно, що ці сервіси досить зручні, але їх обмеженість при роботі з мультимедійними даними не дозволяє вчителю використовувати їх для створення повноцінних наочностей. Тому далі ми будемо говорити лише про офлайн продукти. Звичайно, що найпопулярнішим з таких продуктів є офісний пакет Microsoft Office. Але, як відомо він є платним, та доволі дорогим, тобто зрозуміло, що використання цього пакету є неможливим у більшості шкіл нашої країни.

Для роботи з текстовими документами можна використовувати редактор WordPad, який в останніх версіях Windows отримав велику кількість нових можливостей, але навіть оновлених функцій буде недостатньо для повноцінної роботи з документами. Але якщо з текстом ще більш-менш можна працювати без використання додаткових програмних засобів, то для роботи з таблицями та презентаціями відсутні стандартні аналоги табличного редактора, редактора презентацій та системи управління базами даних. Звичайно, що далеко не кожен вчитель математики може дозволити собі придбати пакет Microsoft Office, тому необхідно шукати безкоштовні аналоги, які забезпечують можливість повноцінної роботи з документами різного типу. Існує кілька безкоштовних пакетів, можливості яких можуть задовольнити потреби майже кожного користувача. Представниками таких пакетів є LibreOffice та OpenOffice [5].

Функціонал офісних пакетів LibreOffice та OpenOffice досить схожий, так як по суті LibreOffice з'явився як окрема гілка розвитку пакету OpenOffice у зв'язку з незгодою деякої частини розробників з політикою компанії Oracle по контролю над розвитком проекту. Тому далі ми детально розглянемо офісні пакети Microsoft office та OpenOffice. Обидва ці пакети мають схожий перелік функцій і здатні виконувати аналогічні дії, проте між ними існує вагома різниця. Перша і найголовніша відмінність це те, що перший є комерційним продуктом, а другий можна вільно завантажити з офіційного сайту. До пакету OpenOffice входять компоненти, аналогічні тим, що містить в собі MS Office: це текстовий редактор Writer, табличний процесор Calc, редактор презентацій Impress, а також Base для роботи з базами даних. Крім цих програм,

є ще Draw – графічний редактор і Math – редактор формул.

Інтерфейси Writer і Word дуже схожі: рядки меню, панелі інструментів, але в плюси Writer можна записати наявність більшої кількості елементів на панелі інструментів за замовчуванням. Галерея зображень у Writer поступається Word, однак вікно налаштування графічних елементів має значну кількість опцій. Та й наявні в редакторах зображення рідко можна використати у роботі вчителя математики, тут вже йому допоможуть або власна колекція малюнків або графічні редактори для створення необхідних наочностей. Система перевірки орфографії в OpenOffice Writer дещо гірше, – граматичні помилки будуть підкреслені, а ось стилістичні помилки не визначаються. Зрозуміло, що в роботі будь-якого вчителя текстові редактори використовуються в основному для підготовки текстових документів або роздаткових матеріалів для уроків.

Табличний редактор Calc в цілому майже не відрізняється від його аналогу Excel. Одна з невеликих переваг Calc – це наявність фільтру видалення: при спробі видалення частини таблиці з'явиться діалогове вікно, в якому можна вибрати, що саме потрібно видалити – значення комірок, стовпці, формули чи форматування комірок. Calc має засоби аналізу, побудови діаграм і можливості прийняття рішень, очікувані від високоякісних електронних таблиць. Він включає більше 300 функцій, в тому числі для фінансових, статистичних та математичних операцій. В ньому можна здійснювати побудову діаграм, які можуть бути вбудовані в інші документи, звичайно якість відображення діаграм дещо нижча, а набір стилів для їх оформлення значно поступається Excel, але це не є критичним фактором при роботі. Calc може експортувати електронні таблиці в Adobe PDF і в HTML [5-6]. В роботі вчителя математики табличний редактор можна використовувати досить широко для автоматизації процесів обчислень, наприклад в задачах на уроках геометрії.

Що стосується додатку Impress, то він не набагато відрізняється від Microsoft PowerPoint своїм функціоналом, але звичайно поступається йому різноманітними ефектами та набором стилів різноманітних об'єктів, але Impress забезпечує всі загальні засоби представлення мультимедіа, такі як спеціальні ефекти, анімація і засоби малювання. Він об'єднаний з розширеними графічними можливостями компонентів OpenOffice Draw і Math. Impress сумісний з форматом файлу Microsoft PowerPoint, і може також зберігати вашу роботу в численних графічних форматах. Найбільшим недоліком Impress, який є досить критичним при використанні є його погана оптимізація.

Додаток Base офісного пакету OpenOffice призначений для роботи з ба-

зами даних. В Base як і в Access реалізовано роботу з формами, звітами, запитамі, таблицями й зв'язками так, щоб керування зв'язаною базою даних було майже таким же, як в інших популярних системах управління базами даних. OpenOffice включає HSQLDB - невелику, швидку реляційну базу даних з відкритим кодом та зручним інтерфейсом, також реалізовано використання таких баз даних як dBASE, MySQL, Oracle [6].

Основною відмінністю OpenOffice від Microsoft Office можна вважати інструмент векторного малювання пакета OpenOffice під назвою Draw. Він не має аналогів в офісному пакеті Microsoft Office. За допомогою Draw можна створити майже все, від простих діаграм або блок-схем, до тривимірних художніх робіт. Його можливість Smart Connectors дозволяє визначати власні точки підключення. Draw може імпортувати графіку з багатьох розповсюджених форматів і зберігати її в більш ніж 20-ти форматах. Цей програмний засіб буде досить корисним при створенні візуалізацій різноманітних процесів та 3D моделей, необхідних для розв'язування задач, чи пояснення різноманітних тем, наприклад зі стереометрії.

Важливою особливістю є те, що OpenOffice є кросплатформовим та офіційно підтримується на платформах Linux, Windows та macOS. Також варто звернути увагу на те, що існує версія OpenOffice для операційних систем сімейства Microsoft Windows з можливістю використання без інсталяції, що дозволяє запускати пакет з флеш-накопичувача. Офісний пакет OpenOffice може вільно встановлюватися і використовуватися на домашніх комп'ютерах, в школах, офісах, закладах вищої освіти, державних і комерційних організаціях і установах.

Висновки

Все більшої популярності набирають онлайн сервіси, які дозволяють працювати з різного роду документами, але їх функціонал значно поступається своїм офлайн конкурентам. що в даний момент не дозволяє вчителю використовувати їх для створення повноцінних наочних матеріалів. Тому для вчителя актуальними залишаються офлайн продукти. Найпоширенішим серед них є Microsoft Office. Проте, у цього офісного пакета є один вагомий мінус – він є комерційним продуктом та більшість навчальних закладів не мають змоги його придбати. Для таких навчальних закладів єдиним варіантом є використання безкоштовних офісних пакетів. Досить гарним варіантом є пакет OpenOffice. Хоч він дещо і поступається Microsoft Office, але його використання на уроках математики в повній мірі може замінити Microsoft Office.

Література

1. Жалдак М.І., Вітюк О.В. Комп'ютер на уроках геометрії. Київ. РНЦ ДІНІТ. 2004. 167 с.
2. Гуревич Р.С., Коношевський Л.Л., Шестопалюк О.В. Сучасні інформаційні засоби навчання. Навчальний посібник. Вінниця: ВДПУ імені Михайла Коцюбинського, 2004. 535 с.
3. Бабенко Н.О., Демченко С.О., Стьопкін А.В., Турка Т.В. Використання офісного пакету OpenOffice при викладанні інформатики. Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ. 2019. Вип. №9. С. 111–115.
4. Velychko V.E., Stopkin A.V., Fedorenko O.G. Use of computer algebra system maxima in the process of teaching future mathematics teachers. Information Technologies and Learning Tools. 2019. Vol. 69, №1. P. 112–123.
5. Сінько Ю.І. Системи комп'ютерної математики та їх роль у математичній освіті. Інформаційні технології в освіті. 2009. № 3. С. 274–278,
6. Хахаев И.А., Машков В.В., Губкина Г.Е. OpenOffice.org: Теория и практика. М.: ALT Linux, Бином. Лаборатория знаний, 2008. 318 с.
7. Козодаев Р., Маджугин А. OpenOffice.org 3. Полное руководство пользователя. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 704 с.

Stopkin A.V., Turka T.V., Stopkina A.S.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Openoffice office suite for math lessons

In connection with the rapid development of information technology and the wide computerization of all areas of society, the study of the use of modern information technologies in the education system is becoming increasingly relevant. It is clear that this applies to all subjects where lessons require visual materials. The teachers of Math are not an exception to this, they can use a variety of software for various kinds of visualization, automation of various calculations, and much more. The article considers the possibility of using office packages by math teachers in preparing lessons at school. The article analyzes the possibility of replacing the common office suite Microsoft Office with its free counterparts without losing the quality of the educational process. free office suite, computer training tools, OpenOffice.

Keywords: *free office suite, software, OpenOffice.*

¹ канд. педагогічних наук, доц. кафедри дошкільної освіти та соціальної роботи, ДВНЗ «ДДПУ»
e-mail: brusal@ukr.net, ORCID 0000-0001-7212-1969

² канд. фізико-математичних наук, доц. кафедри математики та інформатики, ДВНЗ «ДДПУ»
e-mail: stepkin.andrej@gmail.com, ORCID 0000-0002-6130-9920

РОЗВИТОК ІНФОРМАЦІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СТУДЕНТІВ ПЕДАГОГІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

У статті розглянуто питання розвитку інформаційної компетентності студентів в умовах модернізації вищої освіти. Наведено визначення поняття компетентність. Окрім того, схарактеризовано п'ять груп ключових компетенцій визначених Радою Європи. Схарактеризовано навчальне середовище як платформа інтерактивних взаємин і діалогічного спілкування суб'єктів освіти один з одним і з інформаційним ресурсом.

Ключові слова: *компетентність, інформаційна компетентність, навчальне середовище, заклад вищої освіти.*

Вступ

Сучасне реформування вищої освіти залежить від багатьох чинників і умов, що націлені на підготовку компетентного конкурентоспроможного фахівця. Однією з умов підготовки конкурентоспроможних фахівців є компетентнісний підхід, орієнтований на формування у студентів загальнокультурних і професійних компетенцій.

Проблема якості професійної підготовки педагогічних кадрів досить широко обговорюється практиками і теоретиками, психологами та педагогами. Розглядаються різні аспекти проблеми професійної освіти: напрями і засоби модернізації системи підготовки фахівців, відношення теоретичного і практичного навчання для підготовки кваліфікованого фахівця, що відповідає замовленню соціуму. Необхідність формування ключових компетентностей відзначена в модернізації вітчизняної вищої освіти.

Основна частина

Процес інформатизації системи освіти висуває нові вимоги до майбутніх педагогів у сфері підвищення компетентності кожної особистості, яку характеризує високий рівень інформаційної компетентності та інформаційної культури.

Перш ніж перейти до розкриття змісту розвитку інформаційної компетентності студентів розглянемо визначення двох основних дефініцій. Так, поняття «компетентність» науковці розглядають як – «володіння учнями відповідною компетенцією, що включає його особистісне ставлення до неї та предмета діяльності. Компетентність — особистісна якість (сукупність якостей) учня, що вже відбулась, і мінімальний досвід діяльності в заданій сфері» [2]. У свою чергу, Карлінська Я. визначає інформаційну компетентність як – інтегративну професійну якість особистості, яка, з одного боку, віддзеркалює її здатність до визначення інформаційної потреби, пошуку інформації та ефективної роботи з нею у всіх її формах (традиційній, друкованій та електронній, тощо); а з іншого – як здатності її до роботи з комп'ютерною технікою та телекомунікаційними технологіями і застосування їх у професійній діяльності та повсякденному житті [1, с. 176].

Аналіз наукової літератури показав, що більшість праць присвячених компетентнісному підходу написано по відношенню до вищої освіти та входження України в Болонський процес. Так, Радою Європи визначено п'ять груп ключових компетенцій, рівень оволодіння якими виступає незаперечним критерієм якості отриманої освіти:

- політичні та соціальні компетенції, пов'язані зі здатністю брати на себе відповідальність, брати участь у спільному прийнятті рішень, регулювати конфлікти ненасильницьким шляхом, брати участь у функціонуванні та у поліпшенні демократичних інститутів;
- компетенції, що стосуються життя в багатокультурному суспільстві. Для того щоб перешкоджати виникненню расизму або ксенофобії, поширення клімату нетерпимості, освіта повинна «озброювати» молодь такими міжкультурними компетенціями, як розуміння відмінностей, повага один одного, здатність жити з людьми інших культур, мов, релігій;
- компетенції, що визначають володіння усним та писемним спілкуванням, важливим в роботі та громадському житті. До такого рівня спілкування відноситься володіння кількома мовами, що приймає все більш зростаюче значення;
- компетенції, пов'язані з виникненням суспільства інформації: володіння новими технологіями, розуміння їх застосування, їх сили і слабкості, здатність критичного ставлення до поширюваної по каналах ЗМІ інформації та реклами;
- компетенції, що реалізують здатність і бажання вчитися все життя, як основа безперервної підготовки в професійному житті, а також в особистому та суспільному житті [5].

Як визначає І. Торохтій інформаційна компетентність є однією з ключових у підготовці фахівця. До завдань розвитку інформаційної компетентності належать:

- збагачення знаннями і вміннями в галузі інформатики та інформаційно-комунікаційних технологій;
- розвиток комунікативних та інтелектуальних здібностей;
- здійснення інтерактивного діалогу в єдиному інформаційному просторі [4].

Вважаємо, що оволодіння інформаційною компетентністю можливе за умови створення сучасного інформаційно-комунікаційного середовища в закладі вищої освіти, що стане платформою інтерактивних взаємин і діалогічного спілкування суб'єктів освіти один з одним і з інформаційним ресурсом. Воно дозволить забезпечити процес розвитку педагога через інформаційну діяльність, розвинути їх самостійність і креативність, реалізувати можливості, інтереси і здібності, організувати доступ до нових джерел інформації.

Особливої уваги, у вищезначеному середовищі, заслуговує реалізація можливостей телекомунікацій. Internet дає великі можливості майбутньому педагогу в розширенні та збагаченні власної інформаційної компетентності, а саме:

- використання електронної пошти, що забезпечує обмін інформацією між користувачами мережі як усередині регіону, так і поза ним;
- створення власних Web-сайтів для подання інформації;
- обмін тематично організованими знаннями;
- участь в форумах;
- участь в конференціях, що дозволяють обговорювати цікаві питання в режимі реального часу;
- підписка на розсилку, завдяки якій на електронну адресу систематично буде надходити інформація про новинки в цій галузі;
- розсилка і скачування централізовано підготовлених матеріалів;
- безкоштовний доступ до навчального програмного забезпечення та документації з файлових архівів, що містять тисячі мегабайт інформації;
- доступ до каталогів сотень кращих світових бібліотек;
- тестування onlin;
- участь в спільних мережевих проектах педагогів різних країн.

Все це реалізується під час аудиторної та самостійної позааудиторної діяльності. Аудиторна навчальна діяльність студентів відбувається під керівництвом та безпосереднім наглядом викладача, який може скоординувати

діяльність студента та надати вчасні та влучні рекомендації. Під час самостійної позааудиторної роботи студентів викладач виступає як координатор та оцінювач результатів вже виконаної роботи.

Для оволодіння інформаційною компетентністю, у закладі вищої освіти повинні бути створені спеціальні навчальні умови, а саме:

- систематична оцінка і самооцінка загальних та спеціальних компетенцій;
- індивідуалізація у стимулюванні саморозвитку студентів (їх мотивації, самоорганізації, корекції, самооцінки);
- практична орієнтованість навчання;
- формування професійної і особистісної значимості кінцевого результату;
- надання можливості до самовизначення в виборі тем, методів, форм, напрямів самостійної роботи;
- інтегрованість завдань (посилення міжпредметних зв'язків);
- моніторинг якості самостійної роботи (аналіз і самоаналіз виконання завдань, визначення ефективних форм проміжного контролю);
- надання можливості самореалізації в творчості;
- інформаційне забезпечення самостійної роботи студентів;
- стимулювання розвитку здібностей до самоосвіти.

В результаті, презентації студентських досліджень стають візуально і змістовно більш яскравими, насиченими завдяки використанню інформаційних та мультимедійних технологій. На заняттях із різноманітних дисципліни студенти готують презентації, проекти (групові та індивідуальні), виконують різноманітні творчі завдання, використовуючи всесвітню мережу Internet і мультимедійні технології.

Висновки

Отже, в сучасному педагогічному суспільстві існує об'єктивна потреба в удосконаленні інформаційної компетентності педагога. Введення педагога в мережевий простір, формування і розвиток у нього навичок і умінь роботи в мережі, розвиток умінь працювати з інформацією стають актуальними завданнями сучасної педагогічної освіти, які можуть бути вирішені в межах навчального середовища закладу вищої освіти.

Література

1. Карлінська Я.В. Інформаційна компетентність студентів як чинник толерантності // Теорія і практика підготовки майбутніх учителів до педагогічної дії : зб. матеріалів конференції. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2011. – С. 175-178.

2. Ключові освітні компетентності.
URL: <http://ru.osvita.ua/school/method/2340/>
3. Стандарт вищої освіти України: перший (бакалаврський) рівень, галузь знань 23 "Соціальна робота", спеціальність 232 "Соціальне забезпечення". [Чинний від 2019-05-24]. Вид. офіц. Київ, 2019. 16 с.
4. Сутність поняття "інформаційна компетентність".
URL: <https://vseosvita.ua/library/informacijna-kompetentnist-66218.html>
5. *Hutmacher Walo* Key competencies for Europe // Report of the Symposium Berne, Switzerland 27-30 March, 1996. Council for Cultural Co-operation (CDCC) a Secondary Education for Europe. Strasburg, 1997.

Stopkina A.S., Stopkin A.V.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Development of information competence of students of pedagogical specialties

The article considers the development of information competence of students in the modernization of higher education. The definition of competence is given. In addition, five groups of key competences identified by the Council of Europe have been identified. The learning environment is characterized as a platform for interactive relationships and dialogic communication of educational entities with each other and with the information resource.

Keywords: *competence, information competence, educational environment, institution of higher education.*

УДК 378.147.88 : 004.94

Кайдан Н.В., Кракова А.І., Жадан С.С., Смоляр А.Ю.

¹ кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри МНМ та МНІ, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: kaydannv@gmail.com, ORCID 0000-0002-4184-8230

² студентка 1 курсу фізико-математичного факультету, ДВНЗ «ДДПУ»

ORCID 0000-0002-9556-8023

³ студент 1 курсу фізико-математичного факультету, ДВНЗ «ДДПУ»

ORCID 0000-0002-0683-2196

⁴ студент 1 курсу фізико-математичного факультету, ДВНЗ «ДДПУ»

ORCID 0000-0003-0731-3803

ЗАСТОСУВАННЯ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ MATH PARTNER ТА GRAPH ONLINE ПРИ РОЗВ'ЯЗУВАННІ ЗАДАЧ З ТЕОРІЇ ГРАФІВ

У статті обговорюються можливості використання хмарних сервісів Math Partner та Graph Online при розв'язуванні завдань з теорії графів. Представлені основні функції сервісу Math Partner для розв'язування завдань з теорії графів та можливості сервісу Graph Online для візуалізації завдань та їх розв'язків. Наведено опис розв'язання задачі про знаходження найкоротших відстаней між вершинами графа за допомогою алгоритму Дейкстри та доцільність використання розглянутих сервісів.

Ключові слова: комп'ютерна математика, Math Partner, Graph Online, математична освіта, теорія графів, хмарна математика.

Вступ

Постійний розвиток сучасного суспільства у розрізі глобальної інформатизації вимагає пошуку шляхів для випереджаючої розробки нових інноваційних технологій. Зокрема, теорія графів широко застосовується для проектування каналів зв'язку і дослідження процесів передачі інформації, побудови контактних схем і дослідження скінченних автоматів, мережевого планування й управління, дослідження математичних операцій, вибору оптимальних потоків в мережах, моделювання нервової системи живих організмів тощо.

Крім того, теорія графів набула широкого застосування під час досліджень проблеми оптимізації, яка виникає при потребі модифікації великої технічної або програмної системи для поліпшення її роботи з метою збільшення ефективності. Існує досить велика кількість типових задач оптимізації на графах, з яких можна виділити основні: задача знаходження найкоротшого шляху в графі; задача знаходження критичного шляху в мережевому графі; задача знаходження максимального потоку в графі. Для кожної з перерахованих задач дається у відповідність математична постановка задачі в формі

булевого або цілочисельного програмування. Також існують спеціальні алгоритми їх вирішення, які враховують специфічні особливості постановки цих завдань.

Майбутні вчителі математики та інформатики з теорією графів зустрічаються у курсі дискретної математики на 1 курсі навчання, коли вони знайомляться з основними поняттями цього розділу та базовими алгоритмами, внаслідок чого у них формується уявлення про методи вирішення різних завдань на основі графів.

Для збільшення ефективності навчання доцільно використовувати будь-які засоби, що дозволяють автоматизувати виконання чисельних, графічних та аналітичних розрахунків, візуалізувати як саму задачу, так і окремі етапи розв'язку. Для цього доцільно використовувати системи комп'ютерної математики (СКМ). [6] Використання у навчанні програмного забезпечення спеціального призначення, до якого належать системи комп'ютерної математики, є надзвичайно важливим, оскільки його вивчення та використання сприяє розширенню та поглибленню знань студентів як з інформатики, так і з математичних дисциплін, оволодіння студентами вміннями розв'язувати задачі різноманітного характеру та формуванню навичок застосування сучасних математичних пакетів у процесі вивчення фізико-математичних дисциплін і в майбутній професійній діяльності.

Проблема застосування в навчальному процесі комп'ютерних технологій та інформаційного методичного забезпечення ретельно досліджується вітчизняними й закордонними науковцями та методистами. Зокрема, питання впровадження комп'ютерних освітніх технологій та засобів комп'ютерної математики розглядали у своїх роботах М. Жалдак, М. Львов, С. Раков, Ю. Рамський, С. Семеріков, Ю. Триус та інші дослідники. [2], [4], [5], [7]

На думку М. Жалдака [1], програмні засоби доцільно умовно поділити на дві великі групи: програмне забезпечення навчально-дослідницького призначення (педагогічні програмні засоби, розраховані на осіб, які почали вивчати курс математики) та програмне забезпечення науково-дослідницького призначення (розраховані на користувачів більш високої кваліфікації).

Науково-дослідницьке програмне забезпечення за призначенням, структурою та функціями науковці умовно поділяють на кілька груп, а саме: математичні пакети вузької спеціалізації (GAP, Macaulay, Singular та ін.), програмні засоби візуалізації математичних даних (GnuPlot, JMol, LaTeX, Graph Online), системи геометричного моделювання (Autodesk 3ds Max, ANSYS та ін.), системи комп'ютерної математики (Derive, Maple, Matlab, Mathematica, MathCAD, Maxima, Sage, Math Partner та ін.)

Основна частина

В останнє десятиліття інформаційні технології зазнають серйозних змін, швидкими темпами розвиваються хмарні технології. Це призводить до появи нового покоління систем комп'ютерної математики, а саме до математичних сервісів широкого призначення.

Одним з таких безкоштовних сервісів є система комп'ютерної математики Math Partner, яка доступна за адресою <http://mathpar.com>. Цей сервіс дозволяє створювати свій власний хмарний математичний «Зошит», у якому користувач виконує необхідні математичні розрахунки. Для забезпечення якісної та комфортної роботи цей сервіс надає доступ до великого обсягу довідникового матеріалу з прикладами. Мовою цього сервісу є мова Mathpar, в основі якої лежить широко використовувана математиками та фізиками мова TeX, яка зазвичай використовується для набору математичних текстів. Є можливість зберегти як постановку задачі, так і її розв'язок. При цьому можна зберігати й текстовий вигляд, і зображення. [3]

Зокрема, цей сервіс дозволяє ефективно розв'язувати такі поширені задачі як знаходження найменших відстаней між усіма вершинами графу та знаходження найкоротшого шляху між вершинами. Для першої задачі використовується команда $\backslash\text{searchLeastDistances}(A)$, а в результаті буде отримана матриця найкоротших відстаней між вершинами. Для другої задачі використовується команда $\backslash\text{findTheShortestPath}(A, i, j)$, в результаті буде знайдено найкоротший шлях між вершинами i та j .

Слід зауважити що цей сервіс зручно використовувати для перевірки власних розв'язків, оскільки він надає саму відповідь, без доступу до проміжних результатів обчислень.

Ще одним з відносно нових сервісів є Graph Online, який доступний за адресою <http://graphonline.ru>. Це безкоштовний сервіс, призначений для візуалізації графу і пошуку найкоротшого шляху на графі, пошуку Ейлерового циклу. Створення графу виконується по матриці суміжності або матриці інцидентності. Крім пошуку найкоротшого шляху можна здійснити пошук компоненти зв'язності. Сервіс підтримує роботу з орієнтованими графами (орграф) та неорієнтованими. Результат роботи, тобто побудований граф, можна зберегти та продовжити роботу з ним пізніше.

Крім того, сервіс Graph Online надає користувачу безліч допоміжних функцій для полегшення роботи, а саме можливість збереження та завантаження графа з підтримкою збереження візуального представлення, швидке перетворення між усіма підтримуваними типами, визначення вигляду вершин, дуг, фону, режим конструктора тощо.

Розглянемо на прикладі застосування представлених сервісів при розв'язуванні задачі знаходження найкоротших відстаней між вершинами графа, які часто зустрічаються на практиці. Зрозуміло, що для можливості знайти найкоротші відстані повинен існувати хоча б один шлях з вершини 0 до кожної іншої вершини, тобто граф повинен бути зв'язним. Для цієї задачі найбільш відомим алгоритмом розв'язку є алгоритм Дейкстри. Ідея цього алгоритму полягає в тому, що спочатку кожній вершині, відмінній від вершини 0, виставляємо відстань, що дорівнює $+\infty$, а далі покроково ці відстані зменшуємо, поки не знайдемо мінімальну відстань $d(v)$ та найкоротший шлях $p(v)$ для кожної вершини v .

Умова: Нехай у зваженому графі $G = (V, E)$, множина вершин $V = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$, а множина ребер E задана матрицею ваг:

$$E = \begin{pmatrix} - & 8 & 7 & - & 10 & 12 \\ 8 & - & 5 & 1 & 4 & - \\ 7 & 5 & - & 3 & - & 4 \\ - & 1 & 3 & - & 2 & 1 \\ 10 & 4 & - & 2 & - & 3 \\ 12 & - & 4 & 1 & 3 & - \end{pmatrix}$$

За допомогою алгоритма Дейкстри побудувати остове дерево найкоротших шляхів із вершини 0 до всіх інших вершин графа G та знайти найкоротші відстані.

Розв'язання: Хід виконання алгоритму Дейкстри відобразимо у таблиці:

1	2	3	4	5
8	7	10	10	12
		9		11
				10
0; 1	0; 2	0; 2; 3 0; 1; 3	0; 4	0; 5 0; 2; 5 0; 1; 3; 5

Табл. 1: Хід виконання алгоритму Дейкстри

При виконанні алгоритму Дейкстри поточними були вершини у такому порядку: 2, 1, 3, 4, 5. Таким чином, найкоротша відстань до вершини 1 дорівнює 8, $d(2) = 7$, $d(3) = 9$, $d(4) = 10$, $d(5) = 10$. Найкоротшим до вершини 1 є шлях 0, 1; $p(2) = 0, 2$; $p(3) = 0, 1, 3$; $p(4) = 0, 4$; $p(5) = 0, 1, 3, 5$. На рисунку зобразимо ці найкоротші шляхи у вигляді дерева.

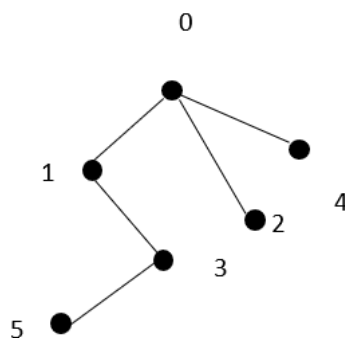


Рис. 1: Остове дерево найкоротших шляхів із вершини 0 до всіх інших вершин графа G

Використовуючи сервіс Math Partner у нас є можливість перевірити правильність отриманих результатів:

Своб. пам'ять: 188 / 239MB

Space
R64MinPlus[x,y] ▾

Символи ▾

Числа і поліноми ▾

Матриці ▾

Функції ▾

Графіки, таблиці ▾

Файли ▲

Завантажити текст

Зберегти текст

21 x 29.7

Зберегти PDF

Завантажити файл

No files

fromFile toFile

```

SPACE = R64MinPlus[x,y]; TIMEOUT = 16;
A = (
  ( ∞    8.00  7.00  ∞    10.00  12.00 )
  ( 8.00  ∞    5.00  1.00  4.00    ∞    )
  ( 7.00  5.00  ∞    3.00  ∞    4.00    )
  ( ∞    1.00  3.00  ∞    2.00  1.00    )
  ( 10.00 4.00  ∞    2.00  ∞    3.00    )
  ( 12.00 ∞    4.00  1.00  3.00  ∞    )
);
X = findTheShortestPath(A, 0, 1); print(X);
Y = findTheShortestPath(A, 0, 2); print(Y);
Z = findTheShortestPath(A, 0, 3); print(Z);
V = findTheShortestPath(A, 0, 4); print(V);
W = findTheShortestPath(A, 0, 5); print(W);
out :
X = ( 0  1 )
Y = ( 0  2 )
Z = ( 0  1  3 )
V = ( 0  4 )
W = [[0, 1, 3, 5]]
  
```

Рис. 2: Найкоротші відстані із вершини 0 до всіх інших вершин графа G у сервісі Math Partner

Але візуалізацію графу краще виконує Graph Online:



Рис. 3: Візуалізація графа G та найкоротша відстань із вершини 0 до вершини 5 графа G у сервісі Graph Online

Висновки

Теорія графів стала дуже популярною серед учителів. Це пов'язано з тим, що за допомогою даної теорії можна досить просто вирішувати велике коло найрізноманітніших математичних завдань. Мовою теорії графів умови завдань набувають наочності, що спрощує їх аналіз. Самі розв'язки, як правило, є простими й не містять громіздких обчислень.

Використання систем комп'ютерної математики як компонентів комп'ютерно-орієнтованих методичних систем навчання майбутніх вчителів математики та інформатики дає змогу ефективно будувати та досліджувати математичні моделі, проводити навчальні дослідження. Використання хмарних засобів є перспективним напрямом розвитку СКМ, коли виникає більше можливостей адаптації середовища навчання до рівня навчальних досягнень студентів, їх індивідуальних потреб та мети. Звернення до програмного забезпечення, яке вже знаходиться на віртуальному робочому місці студента, не потребує витрачання навчального часу на інсталяцію й оновлення, створює умови для більш диференційованого підходу до організації навчання, дає можливість зосередитися на вивченні основного матеріалу.

Відкритий математичний сервіс Math Partner представляє нове покоління систем символічно-чисельних розрахунків. Він дозволяє користувачу виконувати необхідні математичні розрахунки. Для забезпечення якісної та комфортної роботи, цей сервіс надає доступ до великого обсягу довідникового матеріалу з прикладами, але візуалізація задач з теорії графів відсутня, на відміну від Graph Online, який саме спеціалізується на таких задачах. Обидва ресурси достатньо нові та постійно оновлюються й вдосконалюються.

Література

1. Жалдак М.І., Горошко Ю., Вінниченко Є. Математика з комп'ютером: посібник для вчителів. 2009. 2-ге вид. 282 с.
2. Корольський В., Крамаренко Т., Семеріков С., Шокалюк С. Інноваційні інформаційно-комунікаційні технології навчання математики: навчально-методичний посібник. 2009. 332 с.
3. Кайдан Н., Тураненко Х. Використання систем комп'ютерної математики при розв'язанні завдань теорії графів. Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ. 2017. Вип. 7. С. 129-135.
4. Львов М. Концепція програмної системи підтримки математичної діяльності. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: зб. наук. пр. 2003. Вип. 7. С. 36–48.
5. Раков С. Формування математичних компетентностей учителя математики на основі дослідницького підходу у навчанні з використанням інформаційних технологій: дис. ... доктора пед. наук: 13.00.02. 2005. 516 с.
6. Рамський Ю., Рамська К. Місце і роль математичної освіти в інформаційному суспільстві. Інформатика та інформаційні технології в навчальних закладах. 2008. Вип. 6(18). С. 53-59.
7. Триус Ю. Комп'ютерно-орієнтовані методичні системи навчання математики: моногр. 2005. 400 с.

Kaidan Nataliia V., Krakova Anastasiia I., Zhadan Serhii S., Smoliar Andrii Y.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Application of Math Partner and Graph Online cloud services in solving graph theory problems

The article discusses the possibilities of using cloud services Math Partner and Graph Online in solving problems in graph theory. The main functions of the Math Partner service for solving problems in graph theory and the possibilities of the Graph Online service for visualization of problems and their solutions are presented. The description of the solution of the problem by finding the shortest distances between the vertices of the graph using the Dijkstra algorithm and the expediency of using the considered services are given.

Keywords: *computer mathematics, Math Partner, Graph Online, mathematical education, graph theory, cloudy mathematics.*

¹ кандидат педагогічних наук, доцент кафедри МНМ та МНІ, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: vvglazova@gmail.com, ORCID 0000-0003-0124-3760

² студент 1 курсу фізико-математичного ф-ту, другого (магістерського) рівня, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: DarkTemplar5342@gmail.com, ORCID 0000-0002-3483-5837

ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАНЯТЬ З РОБОТОТЕХНІКИ

Статтю присвячено проблемі методичної підготовки майбутніх учителів інформатики до організації занять з робототехніки. Виокремлено етапи підготовки майбутніх учителів інформатики, які необхідні для організації і обладнання відповідного освітнього середовища й спонукання учнів до пізнання та діяльності через освітню робототехніку.

Ключові слова: *майбутній вчитель інформатики, інформатика робототехніка, освітня робототехніка.*

Вступ

Зі швидким темпом розвитку робототехніки в суспільстві вона сьогодні набуває все більшої значущості й актуальності в освіті, тому що є потужним засобом розвитку учнів, підвищення їх інтересу до конструювання, програмування, технічних спеціальностей.

Шкільна інформатика, яка вивчає питання алгоритмізації й програмування, інформаційні основи управління, як ніякий інший шкільний предмет, закладає основи в навчанні школярів робототехніці. Використання роботів на заняттях з інформатики, дозволить не тільки сформулювати певні вміння, а й показати практичну значущість отриманих знань і умінь, зокрема, і під час виконання різних проєктних робіт.

Включення питань робототехніки в освітній процес вимагає й відповідної кваліфікації педагогів. Освітня робототехніка — це не тільки новий міжпредметний напрямок в навчанні, розвитку школярів, а й новий напрямок методики навчання інформатики [8].

Змістові, методичні та технічні аспекти організації занять з робототехніки обговорюються в роботах науковців, вчителів, педагогів позашкільної освіти, методистів і інженерів. Зокрема питанням впровадження робототехніки в освітній процес закладів загальної середньої та вищої освіти присвячено праці А. Василюка, С. Дзюби, І. Кіта, О. Кіт, П. Клименка, Т. Лисенко, В. Луценка, Г. Мічуріної, Н. Морзе, К. Ніфантьєва, О. Струтинської, М. Умрик, С. Хачатрян, Б. Шевеля та ін.

Метою статті розкриття аспектів підготовки майбутнього вчителя інформатики до організації занять з робототехніки.

Основна частина

На жаль, шкільна освітня програма вивчення такого предмета як робототехніка не передбачає. При закладі може бути гурток з робототехніки, а деякі елементи робототехніки можуть викладатися в курсі інформатики або технології, і це, незважаючи на те, що знання предметної області актуальні й затребувані сьогодні як на професійному, так і на побутовому рівні [6].

Заняття з робототехніки дають унікальну можливість отримати компетентності з великого ряду складних технічних дисциплін в цікавій ігровій формі. В учня розвивається не тільки логічне мислення, а й математичні та алгоритмічні здібності, розуміння електронних систем, виробляється вміння правильно і чітко висловити свою думку, здатність розв'язати проблему різними шляхами, формуються такі важливі якості як увага, логіка, дизайнерські здібності, вміння працювати в команді, а також інтерес до наукових досліджень. Заняття з робототехніки підходять дітям з різними рівнями підготовки та будь-якими досягненнями в шкільній програмі [1, 2, 3, 4, 5].

Педагог, який береться викладати основи робототехніки школярам, повинен володіти відповідними знаннями та навичками з теорії та методики навчання окремих питань таких предметів як математика, технологія, фізика, інформатика, а також мати базові знання з деяких технічних дисциплін, зокрема теорії автоматичного управління, і при цьому добре розбиратися в програмуванні, оскільки кожна модель навчального робота — це не просто цікава іграшка, це точний автономний механізм зі зворотним зв'язком, яким керує досить складна програма, що містить розгалуження, цикли, підпрограми, паралельні програми та ін.

Підготовка педагогічних кадрів з питань освітньої робототехніки в цей час здійснюється переважно у вигляді семінарів-презентацій, майстер-класів, або короткострокових курсів та навчально-тренувальних зборів, орієнтованих на змагальний (спортивний) напрям. Подібні заходи дозволяють педагогам отримати загальне уявлення про робототехнічні змагання, базові конструктивні рішення й використовувані алгоритми. Таке фрагментарне знайомство з робототехнікою у вчителів найчастіше породжує велику кількість питань, відповіді на які не завжди може знайти вчитель з інформатики, оскільки має місце інтеграція знань з різних предметних областей. Все це призводить до нерозуміння загальноосвітнього й розвивального потенціалу напрямку.

Крім того, на таких заходах не розглядаються можливості використання освітніх робототехнічних конструкторів для організації на їх базі науково-дослідницької діяльності учнів.

Сьогодні багато провідних фірм, виробничі та наукові організації в галузі високих технологій займаються розробкою й просуванням освітніх проєктів в області IT-технологій і застосуванням цифрової техніки в шкільній освіті. Низка виробників, як-от LEGO, VEX Robotics, DFRobot, INEX та ін. випускають освітні робототехнічні конструктори й комплекси для навчальних лабораторій: MechatronicsControlKit, FestoDidactic, LEGO Mindstorms, fischertechnik, Arduino тощо. На основі програмованих мікроконтролерів, до складу яких, входять конструкційні деталі, різні датчики, що дозволяють школярам зрозуміти організацію й функціонування сучасних промислових і наукових роботизованих систем, а також опанувати технологію їх проєктування та моделювання.

Брак педагогів з освітньої робототехніки відчувається у закладах загальної середньої освіти та позашкільних. Кадрове та навчально-методичне забезпечення є гострою проблемою шкільної освітньої робототехніки. Вчителі використовують онлайн-курси з робототехніки непедагогічного характеру, які розглядають різні напрямки, але не розглядають методику навчання.

Робототехніка дозволяє розв'язувати багато проблем сучасної освіти: підвищення мотивації учнів, реалізація знань на практиці, поглиблення міжпредметних знань і навичок. Сьогодні одна з особливостей викладання пов'язана з вибором бази для створення роботів. Одним з методичних рішень, яке дозволяє більш посилено освоювати інформатику й формувати ключові компетентності учнів, є використання конструктора «LEGO» на уроках інформатики, де розробники вже підготували та обмірковували методичний комплекс, середовище для програмування, базові моделі роботів [7].

Головна ідея полягає в тому, щоб через насичення шкільного простору новими технологіями змінити зміст освітньої діяльності, створити нове комунікаційне середовище, потрапляючи в яке, учні та вчителі були б більш успішними, компетентними, сучасними.

Для того, щоб студенти були готові до самовдосконалення в галузі робототехніки, необхідно, щоб вони розуміли її важливість як науки та навчального предмета. Вчителі інформатики повинні вміти прогнозувати проблеми, які можуть виникнути у їхній майбутньої діяльності, і бути готовими до їх розв'язання. Для цього необхідно в процес навчання робототехніці включати такі активні методи навчання як мозковий штурм, ділова гра, дискусія. Включення подібних завдань дозволить студентам виступати в ролі учнів і вчителів,

оцінювати навчальний процес з різних точок зору і тим самим підходити більш усвідомлено до вивчення робототехніки.

Зміст навчання робототехніки будується на міжпредметних зв'язках. Під час конструювання та програмування, учні поглиблюють або отримують нові знання в галузі фізики, механіки, електроніки та інформатики. У процесі занять йде робота з розвитку інтелекту, уяви, творчих задатків, розвитку діалогічного та монологічного мовлення, розширення словникового запасу. Особлива увага приділяється розвитку логічного та просторового мислення. Учень вчиться працювати із запропонованими інструкціями, формуються вміння співпрацювати в парі, в колективі.

Мета впровадження конструктора «LEGO» на уроках інформатики: навчити учнів самостійно мислити, знаходити й розв'язувати проблеми, залучаючи для цього знання з різних областей, вміти прогнозувати результати та можливі наслідки різних варіантів рішення. Одним із основних завдань є розвиток алгоритмічного мислення, яке можна розуміти, як систему розумових прийомів, спрямованих на вирішення завдань.

У сучасних умовах підготовка студентів до організації занять з робототехніки в професійній діяльності реалізується через участь в різних робототехнічних змаганнях, де необхідно виконати повноцінний проєкт: від задуму щодо виконання роботою завдання змагання, через проєктування, конструювання, складання, програмування, налагодження й налаштування робота. Весь цей набір дій передбачає і сприяє розвитку якостей, необхідних для ефективного входження особистості в сучасний швидкозмінюваний світ.

Реалізувати підготовку майбутніх вчителів інформатики до організації занять з робототехніки можна під час навчання у педагогічному виші за наступними етапами:

- участь у змаганнях, конференціях з робототехніки;
- наявність публікацій у виданнях технічної спрямованості;
- спільна діяльність в групах: студенти плюс школярі;
- використання в навчанні платформ «LEGO» та «Arduino»;
- вивчення технології «3D-моделювання».

Така діяльність позитивно впливає на динаміку розвитку майбутніх учителів інформатики: розвиває інтелектуальні та особистісно-сміслові здібності, і як результат, професійне самовизначення особистості.

Пройшовши курс навчання, учитель зможе самостійно створити свій власний план навчання, змінюючи його з урахуванням своїх бажань і особливостей закладу освіти.

Висновки

Для здійснення технологічного прориву необхідні технічно грамотні фахівці, а починати їх підготовку потрібно з дитячого віку, поступово залучаючи учнів до технічної творчості, а потім орієнтуючи на інженерно-технічні професії для того, щоб підростаюче покоління було затребуваним на ринку праці.

Згідно з новими стандартами, завданням навчання стає особистісний результат учня, який він зможе реалізувати на практиці. Втілюючи цей принцип через робототехніку, ми зможемо з раннього віку прилучати дітей до технічної творчості, створення та управління роботами. Нова роль учителя інформатики полягає в тому, щоб організувати та обладнати відповідне освітнє середовище й спонукати учнів до пізнання та діяльності через освітню робототехніку, яка перебуває на стику перспективних галузей знань: механіки, електроніки, автоматики, конструювання, програмування, схемотехніки й технічного дизайну.

Література

1. *Василюк А.Д., Клименко П.О., Ніфантаєв К.С.* Програма курсу за вибором «Робототехніка» для учнів 8-9 класів загальноосвітніх навчальних закладів. Київ, 2018. URL: https://ies.org.ua/wp-content/uploads/2018/08/GRIF_PROG_WEB.pdf (Дата звернення: 15.04.2020).
2. *Дзюба С.М., Кім І.В., Кім О.Г., Мічуріна Г.В., Хачатрян С.А.* Навчальна програма курсу за вибором з трудового навчання та технічної творчості для 5-9 класів загальноосвітніх навчальних закладів «Технологія керування робототехнічними системами». Київ, 2013. URL: <http://yakistosviti.com.ua/userfiles/file/web-stem-shkola/22-serpnia-/Dzuba/Dzuba-kurs-za-viborom-3.pdf> (Дата звернення: 15.04.2020).
3. *Кім І.В., Кім О.Г.* Програма курсу за вибором «Проектування робототехнічних систем» для вивчення у 7-9 класах. Листи ІТЗО від 23.05.2013 № 14.1/12-Г-178. 2013. URL: https://drive.google.com/file/d/0B7_wRGRJlavXV1I0V1Zib2t0OW-s/view (Дата звернення: 15.04.2020).
4. *Лисенко Т.І., Шевель Б.О.* Програма курсу за вибором «Основи робототехніки» як варіативного модуля до навчальної програми «Технології. 10-11 класи». Лист ІТЗО від 19.02.2015 № 14.1/12-Г-50. URL: <http://vynahidnyk.org/files/Doc2.doc> (Дата звернення: 15.04.2020).

5. *Луценко В.Ю.* Використання засобів робототехніки при вивченні змістової лінії «Основи алгоритмізації та програмування». Методичний посібник / В.Ю. Луценко. Вінниця: ММК, 2015. 38 с.
6. Навчальні програми з позашкільної освіти. Навчальна програма основ робототехніки та комп'ютерного моделювання / за ред. Шкури Г.А., Ніколайко Н.Ю. К.: УДЦПО, 2018. Випуск 3. С. 18–26.
7. Офіційна сторінка виробника LEGO.
URL: <https://www.lego.com/en-gb/themes/mindstorms>
(Дата звернення: 15.04.2020).
8. *Струтинська О.* Актуальність впровадження освітньої робототехніки в українську школу. Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету. 2019. Вип. спецвип. С. 324–344.

Hlazova Vira V, Poltoratskyi Oleksii V.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Preparation of future computer science teachers for the organization of classes in robotics

The article is devoted to the problem of methodical preparation of future computer science teachers for the organization of classes in robotics. The stages of preparation of future computer science teachers, which are necessary for the organization and equipment of the appropriate educational environment and to encourage students to learn and work through educational robotics, are highlighted.

Keywords: *future computer science teacher, computer science robotics, educational robotics.*

¹ кандидат педагогічних наук, доцент кафедри МНМ та МНІ, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: fedorenko.elena1209@gmail.com, ORCID 0000-0001-9752-0907

² кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри МНМ та МНІ, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: vladislav.velichko@gmail.com, ORCID 0000-0002-1897-874X

ФОРМУВАННЯ ІКТ-КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ У РАЗІ ЗРОСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ЗАГРОЗ

Стрімкий перехід до дистанційної форми навчання актуалізував питання готовності суб'єктів освітнього процесу до застосування інформаційно-комунікаційних технологій. Відсутність відкритих електронних освітніх ресурсів необхідної якості може бути подоланою при високому рівні сформованості ІКТ-компетентності вчителів-предметників, саме вони в стислий термін здатні створити необхідні компоненти електронного навчання. Формування ІКТ-компетентності майбутніх учителів виконується під час їх професійної підготовки, саме високий рівень сформованості ІКТ-компетентності майбутніх учителів є складовою професійної компетентності та є тим необхідним компонентом, що дозволить долати перешкоди під час організації освітньої діяльності і під обмежень, що викликані біологічними загрозами.

Ключові слова: *ІКТ-компетентність, професійна підготовка, майбутні вчителі, зростання біологічних загроз.*

Вступ

Сьогодні освітньої діяльності визначилось оголошенням пандемії COVID-19 та світовими ризиками сталого розвитку, що пов'язані з цією проблемою [1]. Навчальні заклади багатьох країн стикнулись з проблемою неможливості очного навчання, яка виявила, що терміновий перехід на дистанційне навчання знижує якість освіти, а для деякого взагалі є недоступною. Не зважаючи на попередні кроки багатьох держав щодо цифровізації освітньої діяльності, переведення освітньої діяльності повністю на дистанційну форму навчання виявило такі проблеми як: відсутність готовності суб'єктів освітнього процесу до дистанційної форми навчання; відсутність відкритих електронних освітніх ресурсів належної якості за всіма навчальними дисциплінами та курсами; цифрова нерівність суб'єктів освітньої діяльності. Вирішення кожної з зазначених проблем потребує значних зусиль, а в умовах скорочених термінів необхідності переходу на дистанційне навчання та зростання біологічних загроз [2], переходить до розряду першочергових.

Основна частина

Зрозуміло, якщо проблема цифрової нерівності тільки частково має відношення до реалізації освітньої системи, то готовність суб'єктів до застосування інформаційно-комунікаційних технологій, на яких базується дистанційна форма організації освітнього процесу та відсутність відкритих електронних освітніх ресурсів, є першочерговими викликами до освітньої спільноти. Вирішення цих завдань, у першу чергу, полягає в підвищенні рівня сформованості ІКТ-компетентності майбутніх учителів під час професійної підготовки у педагогічних закладах вищої освіти. У дослідженні відділу компаративістики інформаційно-освітніх інновацій ІТЗН НАПН України практикуючі вчителі (у online опитуванні взяло участь 178 респондентів) оцінили власну ІКТ-компетентність наступним чином: 47,2% – середній рівень; 39,3% – високий рівень; 9,6% – експертний рівень; 2,8% – низький рівень; 1,1% – не можуть визначити свій рівень [3]. Не зважаючи на отримані високі результати необхідно підкреслити такі позиції: у дослідженні брали участь практикуючі вчителі за власним бажанням, тобто тільки ті, що зацікавлені цією тематикою; у кожного з опитаних власне бачення необхідного рівня ІКТ-компетентності; опитування проводилось до екстреного переходу на дистанційну форму навчання.

Загальнонаціональна система періодичного визначення рівня ІКТ-компетентності практикуючих учителів закладів загальної середньої освіти Фінляндії Oreka (<https://oreka.fi/en/>) демонструє (рис.1) розподіл респондентів між 5-ма рівнями.

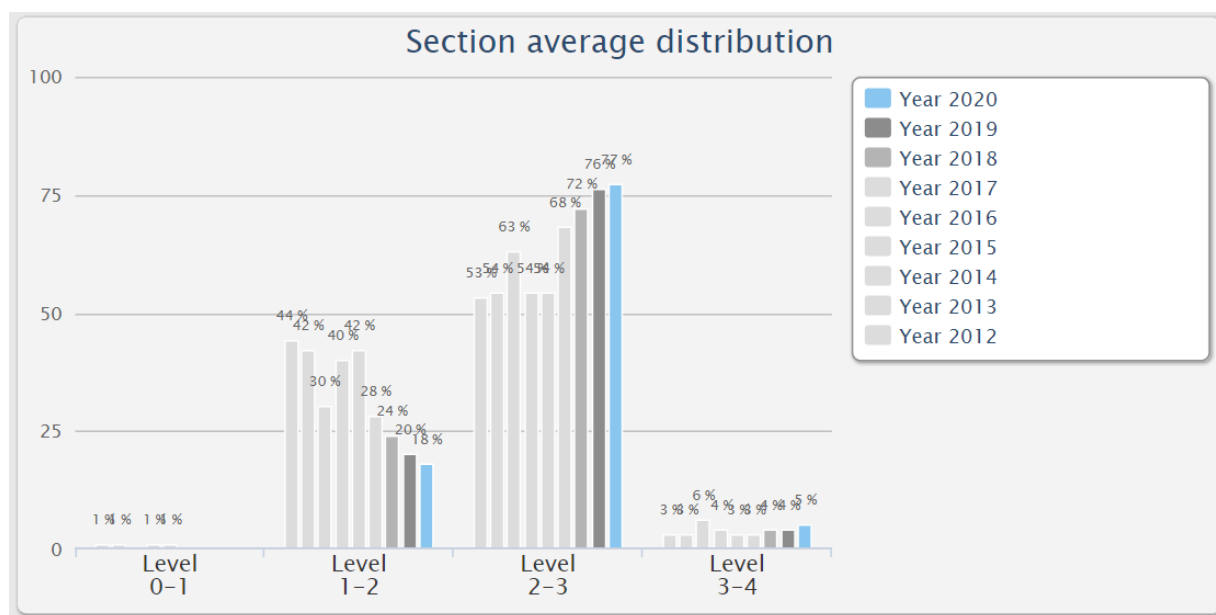


Рис. 1: Розподіл учителів ЗЗСО Фінляндії за рівнями ІКТ-компетентності

Як бачимо, найвищі рівні є поки недосяжними, не зважаючи на значний приріст рівнів 2-3, між тим відсутність респондентів за рівнями 0-1 є показником достатнього рівня ІКТ-компетентності серед практикуючих учителів.

Дослідження І. Воротникової охопили 69 вчителів, що проходили навчальний модуль «Ресурси для розвитку ІКТ компетентності вчителя» (vo.ippro.kubg.edu.ua. Розділ «Цифрова компетентність» у меню «Тренінги»). Цікавим для нашого дослідження є відповідь на питання «Чи маєте Ви потребу в підвищенні рівня цифрової компетентності?». Стверджувально відповіли 87% опитаних [4]. Отримані результати дають підставу стверджувати про необхідність дослідження питання підвищення рівня сформованості ІКТ-компетентності майбутніх учителів під час навчання у ЗВО для того, щоб в умовах зростання біологічних ризиків, або будь-яких інших катаклізмів, практикуючи вчителі мали достатній рівень розвинутих компетентностей для вирішення професійних завдань.

Остання всесвітня біологічна загроза COVID-19 викликала дії спрямовані на неможливість присутності в закладах освіти. Відділ освіти Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) оприлюднив низку заходів, що необхідно вжити для вирішення зазначених проблем. А саме, в умовах вимушеного закриття навчальних закладів [12]:

- необхідно мобілізувати різні форми використання Інтернету для освіти та освітніх ресурсів;
- важливо використовувати онлайн платформи для організації дистанційного навчання;
- потрібно розробляти нові онлайн платформи для навчання (віртуальні аудиторії);
- важливим є партнерство з приватними освітніми платформами;
- треба співпрацювати на міжнародному рівні для узагальнення існуючих освітніх ресурсів в Інтернеті;
- потрібно використовувати всі необхідні електронні засоби;
- слід надати вчителям можливість цифрового навчання.

Розуміючи складність запропонованих заходів ОЕСР висунуто рекомендації щодо організації навчання в таких умовах. Фахівці ОЕСР пропонують дотримуватись наступного [12]:

- збалансувати кількість та час заходів, де суб'єкти навчальної діяльності перебувають перед екраном та поза ним;
- слідкувати за емоційним здоров'ям кожного із учасників освітнього процесу;

- забезпечити доступ до пристроїв, щоб подолати цифрову нерівність;
- забезпечити управління доступом до ІТ-інфраструктури з метою недоопущення її перевантаження.

Близькими до нашого дослідження є напрацювання О. Спіріна [13, с. 15] щодо загальної структури компетентностей. Отже загальна структура компетентностей майбутніх учителів має:

I. Загальні компетентності:

- особистісної ідентифікації й саморозвитку;
- міжособистісні та комунікаційні;
- загально-системні.

II. Професійно-значущі компетентності:

- загальнопрофесійні;
- предметно-орієнтовані, або профільно-орієнтовані;
- технологічні;
- професійно-практичні.

У 2018 р. Об'єднаним дослідницьким центром Європейської Комісії було розроблено рамку цифрової компетентності для освітян DigCompEdu (Digital Competence Framework for Educators) [7], в якій представлено детальний опис цифрової компетентності вчителя її структури, змісту та сутності. Даний стандарт спрямовано на вчителів та викладачів усіх рівнів освіти, від дошкільної до вищої освіти та освіти дорослих. Застосування цифрової компетентності передбачається в загальній та професійній освіті, освіті людей з особливими потребами, за різноманітними формами навчальної діяльності. Основна увага в документі зосереджена на деталізації застосування цифрової компетентності для інновацій у сфері освіти.

ІКТ-компетентність для майбутніх учителів є складовою частиною професійної компетентності в якій виокремлюють три компоненти: змістовний (володіння спеціальними знаннями та знаннями з ІКТ); технологічний (володіння прийомами та методами використання ІКТ); особистісний (володіння рисами особистості, необхідними для обраної професії) [5]. За дослідженнями В. Ягупова та співавторів ІКТ-компетентність є складовою професійно-педагогічної компетентності, що включає інформаційно-аналітичні знання, навички, уміння, здатності, професійно-важливі якості; особистий досвід у сфері пошуку, оцінювання, використання, збереження, аналізу, оформлення та передачі інформації за допомогою різноманітних засобів, методів і форм професійно-педагогічної діяльності [6].

Дискусійні пропозиції

Дослідження авторів [8; 9; 10; 11] надають можливість запропонувати структуру ІКТ-компетентності майбутніх учителів у вигляді п'яти компонентів: мотиваційно-ціннісний; когнітивний; діяльнісний; організаційно-комунікативний; рефлексивний. Зміст кожного з компонентів представлено в таблиці 1.

ІКТ-КОМПЕТЕНТНІСТЬ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ		
РЕАЛІЗАЦІЯ ОСОБИСТИХ ПОТРЕБ	ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОСВІТНЬОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	ПІДГОТОВКА ДО ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
МОТИВАЦІЙНО-ЦІННІСНИЙ КОМПОНЕНТ		
виокремлення, розуміння та актуалізація цілей і завдань власної освітньої діяльності	усвідомлення значущості знань, умінь і навичок під час застосування ІКТ в навчальному процесі	спрямування до професійно-педагогічного розвитку та саморозвитку
КОГНІТИВНИЙ КОМПОНЕНТ		
володіння змістом теоретичних знань із процесу застосування ІКТ в освітній діяльності	володіння змістом фахових знань із процесу застосування ІКТ в освітній діяльності	володіння змістом психолого-педагогічних та методичних знань із процесу застосування ІКТ в освітній діяльності
ДІЯЛІСНИЙ КОМПОНЕНТ		
використання знань, умінь і навичок у процесі вивчення навчальних дисциплін інформатичного циклу	використання знань, умінь і навичок у процесі вивчення психолого-педагогічних і фахових дисциплін	вибір технологій, форм, методів, засобів навчання, планування навчально-виховних завдань та їх реалізація
ОРГАНІЗАЦІЙНО-КОМУНІКАТИВНИЙ КОМПОНЕНТ		
створення власного інформаційно-освітнього середовища для освітньої діяльності	використання інформаційно-освітнього середовища для освітньої діяльності	використання інформаційно-освітнього середовища для професійної комунікації, поширення педагогічного досвіду, професійної діяльності
РЕФЛЕКСИВНИЙ КОМПОНЕНТ		
здійснення самоконтролю та самооцінки	здійснення оцінювання, контролю	розробка критеріїв та показників для оцінки навчальних результатів та самооцінки

Табл. 1: Структура ІКТ-компетентності майбутніх учителів

Висновки

Сьогодні біологічні ризики змушують систему освіти швидко реагувати на наявні можливості організації дистанційної освітньої діяльності. Розвиток ІКТ та набуття масовості можливостей використання стимулюють до більш широкого їх застосування в процесі професійної підготовки майбутніх учителів та підвищення рівня сформованості ІКТ-компетентності для подальшого використання в професійній діяльності, як того вимагає ситуація.

Задля вирішення або полегшення ситуації, що склалася, необхідно на законодавчому рівні надати можливість вибору кожному бажаному форми навчання. Найбільш сприятливою для набуття навичок використання ІКТ та досвіду предпедагогічного спілкування є змішане навчання. При чому доля дистанційних курсів не має перевищувати 30% від загальної кількості. Саме такий відсоток надасть можливість майбутнім учителям сформувати високий рівень знань і вмінь роботи з ІКТ та отримати досвід спілкування в педагогічному середовищі.

Література

1. Semerikov, S., Chukharev, S., et al. (2020) Our sustainable coronavirus future, E3S Web Conf. Volume 166, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016600001>
2. Di Marco, M., Baker, M. L., Daszak, P., De Barro, P., Eskew, E. A., Godde, C. M., ... & Karesh, W. B. (2020). Opinion: Sustainable development must account for pandemic risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(8), 3888-3892. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001655117>
3. Овчарук, О. В. (2020). Ставлення вчителів до використання ІКТ у практичній роботі та у створенні цифрового середовища навчання. *Збірник матеріалів Всеукраїнського науково-практичного семінару (5 березня 2020 р., м. Київ)*, <http://lib.iitta.gov.ua/720023/>
4. Воротникова, І. (2019). Умови формування цифрової компетентності вчителя у післядипломній освіті. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*, (6), 101-118.
5. Зимняя, И. А. (2005) *Общая культура и социально-профессиональная компетентность человека. Высшее образование сегодня*. (11).
6. *Професійна освіта: словник* : [навч. посіб. ; укл. С. У. Гончаренко та ін.]; за ред. Н. Г. Ничкало. – К. : Вища школа, 2000. – 380 с.
7. Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu). The European Commission's science and knowledge service. URL: <https://ec.europa.eu/jrc/en/digcompedu>

8. Величко, В. Е. (2017). Формирование икт-компетентности будущих учителей математики, физики и информатики средствами свободного программного обеспечения. *Веснік Магілёўскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя АА Куляшова. Серыя С. Псіхалага-педагагічныя навукі: педагогіка, псіхалогія, методыка*, (1), 70-73.
9. Величко, В. Є. (2016). Умови формування ІКТ-компетентності майбутніх учителів математики як складової професійної компетентності. *Професійна освіта: проблеми і перспективи*, (11), 92-97.
10. Величко, В. Е. (2015). Свободное программное обеспечение как один из необходимых компонентов формирования ИКТ-компетентности. *Развитие современного образования: теория, методика и практика*, (1), 165-167.
11. Федоренко, О., Величко, К. (2018). ІКТ як невід'ємна складова самоосвітньої діяльності вчителя. *Cherkasy University Bulletin: Pedagogical Sciences*, (9).
12. COVID-19 Response,
URL: <https://www.coe.int/en/web/education/covid-19>
13. Спірін, О. М. (2013) Методична система базової підготовки вчителя інформатики за кредитно-модульною технологією: монографія. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 182 с.

Fedorenko O.G., Velychko V.Ye.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Formation of ICT competence of future teachers in case of growth of biological threats

The rapid transition to distance learning has raised the issue of readiness of the subjects of the educational process to the use of information and communication technologies. Lack of open electronic educational resources The required quality can be overcome with a high level of formation of ICT competence of subject teachers, they are the ones who can create the necessary components of e-learning in a short time. The formation of ICT competence of future teachers is performed during their professional training, it is the high level of formation of ICT competence of future teachers is a component of professional competence and is a necessary component that will overcome obstacles in organizing educational activities and restrictions caused by biological threats.

Keywords: *ICT competence, professional training, future teachers, growth of biological threats.*

МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ МАТЕМАТИКИ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ТА ВИЩОЇ ОСВІТИ

УДК 37.091.26

Беседін Б.Б., Кириченко А.М.

¹ кандидат педагогічних наук, доцент кафедри МНМ та МНІ, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: besedin_boris@ukr.net, ORCID 0000-0003-2157-5252

² студентка 4 курсу фізико-математичного факультету, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: nastya.kirichenko7117@gmail.com, ORCID 0000-0003-4788-3974

КОМП'ЮТЕРНЕ ТЕСТУВАННЯ, ЯК МЕТОД КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗНАНЬ УЧНІВ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ

В статті висвітлено сучасний стан проблеми застосування комп'ютерного тестування в процесі вивчення та контролю якості знань учнів на уроках математики. Розглянуто переваги та недоліки тестування та обґрунтовано доцільність їх використання.

Ключові слова: *тести, контроль, тестовий контроль, контрольньо-діагностичні системи, комп'ютерне тестування.*

Вступ

На сучасному етапі розвитку освіти зростає необхідність застосування ефективної системи контролю і оцінки результативності навчання. Результативність в навчальному процесі багато в чому залежить від якісно підібраної методики контролю знань. З метою вирішення проблеми глибокого і міцного засвоєння програми кожною дитиною учителям необхідно відходити від традиційної структури заняття та будувати їх творчо.

Нині велика увага приділяється розробці комп'ютерних тестів і їх використанню в учбовому процесі. Тести мають найбільшу об'єктивність, швидкість виконання, зручність перевірки, варіативність змісту, простоту і швидкість в отриманні результату. Проте важливо не лише планомірно і систематично здійснювати тестовий контроль, але і правильно його організовувати.

Проблема тестового контролю в навчальному процесі досить широко вивчалась науковцями, серед них: І. Є. Булах, М. Р. Мруга (розглядали основні принципи та правила побудови тестових завдань) [4], В. С. Аванесов, [1]

О. І. Ляшенко, А. Н. Майоров [5] (займалися створенням тестів для системи освіти), Різними аспектами застосування інформаційно-комунікаційних технологій в процесі контролю знань займались: О. І. Бугайов, М. В. Головка, Ю. О. Жук та ін.

Аналізуючи закордонний та вітчизняний досвід, можна зробити висновок, що проблема тестового контролю знань залишається актуальною і потребує подальшого пошуку шляхів її розв'язання.

Основна частина

Важливою складовою навчального процесу є контроль знань, умінь і навичок, від його правильної організації багато в чому залежить результат навчання. В процесі контролю виявляються досягнення і недоліки в оволодінні знаннями і вміннями учнів, що дає можливість управляти навчальним процесом, удосконалювати форми і методи навчання. Однією з форм контролю, що дозволяє оперативно і ефективно перевірити результати навчання в математиці є тести. Слід зауважити, що для досягнення мети контролю знань все частіше використовують саме комп'ютерні системи для тестувань [6, с.8].

В порівнянні з традиційними методами, комп'ютерне тестування має ряд переваг:

- 1) завдяки миттєвому результату, зменшує час на перевірку та дає можливість більш раціонально використовувати час на уроці;
- 2) підвищує оперативність та швидкість тестування;
- 3) надає можливість застосування мультимедійних технологій;
- 4) сприяє самостійності, в учнів з'являється зацікавленість до самоконтролю та знаходження прогалин в своїх знаннях;
- 5) може бути застосоване під час дистанційного навчання.

Ще однією перевагою комп'ютерного тестування на уроках математики є об'єктивність в оцінюванні. На жаль, ще не всі вчителі навчилися об'єктивно оцінювати знання учнів, адже під час традиційної контрольної роботи вони спираються на попередні досягнення, або на особисті симпатії або антипатії по відношенню до окремих учнів. А тестова перевірка передбачає вимір якості засвоєних знань та дає кількісну інформацію про навчальні досягнення.

Тестовий контроль можна застосовувати на різних етапах навчання, наприклад під час повторення, актуалізації знань, перевірки домашнього завдання, при вивченні нового матеріалу, під час проведення підсумкових контрольних робіт. Розробляючи тест, вчитель повинен підходити відповідально до цього процесу, слід зважати на велику кількість аспектів, які підвищують об'єктивність оцінок, які в результаті тестування отримують учні [3, с. 105].

Для того, щоб тестовий контроль був найбільш успішним, потрібно дотримуватись наступних правил при складанні тесту:

- завдання в тесті повинні відповідати вимогам програми;
- кожне завдання повинно виражати логічно закінчену думку;
- завдання в одному питанні не може бути ключем до розв'язання в наступному;
- дотримуватись пропорцій, так як питання несе основну інформацію, то воно повинно бути об'ємним, а відповіді короткими. В протилежному випадку учні будуть витрачати час на прочитання та аналіз відповідей;
- серед запропонованих варіантів відповідей, правильна одна або декілька, при цьому дистрактори мають передбачати можливі типові помилки;
- питання повинні бути розташованими в порядку зростання (від легкого до складного).

Отже, якщо дотримуватись основних правил складання тестових завдань, то це може слугувати ефективним методом контролю знань учнів на уроках математики.

Але попри значні переваги, тестовий контроль має свої недоліки. Основним недоліком є ймовірність вгадування відповіді. Також тести дають можливість перевірити лише обмежену область знань учнів, вчитель не бачить самого процесу розв'язання, не може прослідкувати за ходом думок і виявити, на якому саме етапі розв'язання виникли труднощі. Тому тестовий контроль не можна вважати єдиним методом контролю знань учнів, поряд з ним обов'язково потрібно використовувати й традиційні методи.

Для проведення комп'ютерного тестування на уроках математики можна застосовувати такі програми: MyTestX, Test-W2, Hot Potatoes, EasyQuizzy, GOOGLE-форми та багато інших.

Зупинимось більш детально на таких контрольно-діагностичних системах, як Test-W2 та MyTestX.

Система Test-W2 дуже проста у використанні. Проведення обов'язкового інструктажу учнів перед виконанням тестових завдань займає мінімум часу. Також автори програми додали багато готового до використання тестового матеріалу з математики. Програма має редактор, завдяки якому можна редагувати вже створені тести, а також створювати їх самому. Можна обрати шкалу оцінювання та задати час для проходження тестування. Комп'ютерне тестування в системі Test-W2 підтримує такі типи запитань:

- запитання, які містять лише два варіанти відповідей («Так – Ні» або «Вірно – Невірно»);
- запитання, які передбачають вибір 1, 2 або 3 правильних варіантів

відповідей з 4 або 5 запропонованих;

- запитання на встановлення відповідності;
- заповнити пропущені слова в реченнях;
- визначити правильну послідовність.

Перевагою цієї системи є можливість задання довільної комбінації із довільної кількості запитань. Тобто, послідовність виведення запитань та варіантів відповідей на кожному комп'ютері буде відрізнятися. А це, в свою чергу, виключає можливість списування у сусіда по партії. Серед недоліків, неможливість здійснювати контроль за виконанням тестових завдань через комп'ютер вчителя та задавати складність запитань.

MyTestX — це система програм (програма тестування учнів, редактор тестів і журнал результатів) для створення і проведення комп'ютерного тестування, збору і аналізу результатів. Програма легка і зручна у використанні. Усі вчителі, які володіють комп'ютером, легко її освоюються. На відміну від Test-W2, можна організувати централізований збір та обробку результатів тестування. Результат виконаних завдань виводиться учню та відправляється вчителю.

Програма MyTestX працює з десятьма типами завдань: одиночний вибір, множинний вибір, встановлення порядку, встановлення відповідності, вказівка істинності або хибності тверджень, ручне введення числа, ручне введення текст, вибір місця на зображенні, перестановка букв, заповнення пропусків.

У тесті можна використати будь-яку кількість будь-яких типів, можна тільки один, можна і все відразу. У завданнях з вибором відповіді можна використати до 10 варіантів відповіді. Також програма підтримує три режими: навчальний, штрафний і вільний. В навчальному режимі учень отримує повідомлення про свої помилки та пояснення до них. В штрафному режимі учень втрачає бали за неправильні відповіді, проте є можливість пропустити завдання, за що бали зніматись не будуть. У вільному режимі учень може відповідати на запитання у будь-якій послідовності.

Отже, якщо правильно розробити матеріал для тестування, то його можна використовувати не лише для контролю знань, а й для навчання. І хоча на створення якісних тестів потрібно витратити багато часу, але можливість їх використання впродовж наступних років та значна економія часу під час їх перевірки окуплять ці затрати.

Висновки

На сьогоднішній день метод тестового контролю є одним з найбільш поширених і ефективних способів, які потребували б найменшу кількість часу

на обробку результатів. Головна відмінність тестування від інших методів полягає в тому, що його можна представити в будь-якому вигляді, зручному для вчителя.

Правильно організоване тестування допомагає вчителю виявити прогалини в знаннях школярів, а, отже, зрозуміти походження помилок, що допускаються ними в практичній роботі і вчасно їх усунути. Тести забезпечують можливість об'єктивної оцінки знань і вмінь учнів в балах за єдиними критеріями, що допоможе вчителю визначити рівень володіння навчальним матеріалом відповідно до програмних вимог.

Проте тести не в змозі виявити всі особливості учнів, тому тести не повинні замінювати «класичний» контроль. Лише розумна комбінація тестової форми з традиційними формами контролю дає об'єктивний результат.

Література

1. *Аванесов В.С.* Композиция тестовых заданий. М. : АДЕПТ, 1998. 217 с.
2. *Андронатій П.І., Котяк В.В.* Комп'ютерні технології в освітніх вимірюваннях: Навчально-методичний посібник. Кіровоград : Лисенко В.Ф., 2011. 144 с.
3. *Беседін Б.Б., Шевцова К.С.* Тестова перевірка знань учнів під час вивчення математики. Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ. 2015. Випуск 5. С. 104–106.
4. *Булах І.Є., Мруга М.Р.* Створюємо якісний тест : Навч. посіб. К. : Майстер-клас, 2006. 160 с.
5. *Майоров А.Н.* Теория и практика создания тестов для системы образования. М. : Интеллект центр, 2001. 109 с.
6. *Фетисов В.С.* Комп'ютерні технології в тестуванні : навч.-метод. посіб. Ніжин : Видавець ПП Лисенко М.М., 2011. 140 с.

Besedin B.B., Kyrychenko A.M.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Computer testing as method of quality control of knowledge of pupils at mathematics lessons

In article the current state problems of application of computer testing in the course of studying and quality control of knowledge of pupils at mathematics lessons are covered. It is considered advantages and shortcomings of testing and reasonably expediency of their use.

Keywords: *tests, control, test control, control diagnostic systems, computer testing.*

¹ кандидат педагогічних наук, доцент кафедри МНМ та МНІ, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: besedin_boris@ukr.net, ORCID 0000-0003-2157-5252

² студент 4 курсу фізико-математичного факультету, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: sashazhadan2016@gmail.com, ORCID 0000-0002-5381-8274

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ З ГЕОМЕТРІЇ РІЗНИМИ МЕТОДАМИ

У даній статті розглянуті шляхи систематизації та узагальнення знань з геометрії, зокрема, розв'язування задач різними методами. Така діяльність вимагає від учнів оволодіти теоретичним матеріалом, різними методами розв'язування задач, вмінням порівнювати їх та обирати потрібний.

Ключові слова: *задачі, метод, методи розв'язання, урок однієї задачі.*

Вступ

Основним засобом навчання геометрії є задачі. Вони виконують навчальну, розвивальну, виховну та контролюючу функції. Для формування умінь розв'язувати задачі з геометрії необхідно навчати учнів спеціальним знанням про задачі та їх розв'язування. Без них ці вміння формуються стихійно і можуть виникнути лиш при розв'язуванні великої кількості задач.

Для успішного вивчення геометрії учні повинні не тільки знати основні формули і теореми, а й володіти різними методами вирішення геометричних задач.

На думку видатного математика Д. Пойа «Краще розв'язати одну задачу декількома способами, ніж декілька задач – одним» [7].

Зазвичай різні методи в школі демонструються на різних задачах, які підбираються спеціально як такі, що найбільш ефективні для розв'язання даним методом. Однак тоді в усвідомленні метод пов'язується із задачею, а його самостійна значимість кілька приглушується. Але коли різні методи випробувані на одній задачі, їх відмінні риси, їх сильні і слабкі сторони проявляються найбільш вигідно.

А Готман Е.Г. писав «Вирішивши задачу одним яким-небудь способом, не слід вважати роботу над задачею закінченою. Потрібно вивчити і інші можливі шляхи, що ведуть до вирішення задачі, і намагатися відшукати найбільш просте і красиве розв'язання» [3, с. 3].

Питанням розв'язання задач різними методами займались: А. Пуанкаре та Д. Пойа (розглядали евристичний метод розв'язання задачі), Кушнір І.А. [4] (розглядав геометричні методи для розв'язання задач, більш

велику увагу приділяв методу площ), Лов'янова І.В. [5], Возняк О.Г. [1], Матяш О.І. (в своїх працях розглядали різні методи: координатний, векторний, геометричні), Гельфанд І.М. [2] (метод координат), Готман Е.Г., Скопец З.А. (розглядали різні методи розв'язування геометричних задач та поділили їх на аналітичні та геометричні), Габович І.Г. (представив метод вирішення геометричних завдань, заснований на використанні так званих базисних задач).

Основна частина

Розв'язання задач — один з основних етапів засвоєння учнями системи математичних знань, зокрема геометричних понять і зв'язків між ними. Вирішуючи геометричні задачі, учні розвивають творчі здібності, самостійне мислення, набувають навичок практичного застосування теоретичних положень геометрії. Знання методів розв'язання геометричних задач дозволяє вирішувати, здавалося б, складні математичні задачі просто, зрозуміло і красиво.

В геометрії поряд з вивченням теоретичного матеріалу школярі знайомляться з основними методами розв'язування задач. Якщо цьому не приділяється належна увага, то нерідко учні намагаються вирішувати всі задачі одноманітно, причому роблять це часто нераціонально, або приступають до вирішення негайно після того, як прочитали умову.

За вимогою геометричної задачі їх можна поділити на такі типи: на доведення, на обчислення, на побудову, на дослідження. Задачі кожного із цих типів розв'язують різними методами, які умовно поділяють на геометричні та аналітичні [6. с 20].

Геометричні методи ґрунтуються на застосуванні властивостей, ознак фігур і співвідношень між ними. У цьому випадку обґрунтування задачі пов'язане із взаємним розміщенням самих фігур або їхніх елементів і тому супроводжується рисунком.

Аналітичні методи передбачають застосування тотожних перетворень і співвідношень, отриманих на підставі відомих геометричних фактів. Такі перетворення, формули часто застосовуються без урахування взаємного розміщення фігур і їхніх елементів. Розв'язати задачі, використовуючи аналітичний метод, досить часто можна без побудови рисунка.

Розв'язання геометричних задач викликає труднощі у багатьох учнів. Це пов'язано як з великою кількістю різних типів задач, так і з різноманіттям прийомів і методів їх вирішення. На відміну від алгебри, в геометрії значно менше стандартних задач, які вирішуються за зразком. Практично кожна задача вимагає «індивідуального» підходу. Також рішення геометричних задач

викликає в учнів труднощі, які пов'язані з тим, що потрібно знати, пам'ятати і вміти застосувати в конкретній ситуації велику кількість визначень, теорем і формул, а також з тим, що є такі задачі, які можна вирішити різними методами.

В шкільному курсі геометрії вивчається багато методів розв'язування задач. Досить часто буває, що вивчивши якийсь із методів, учень через деякий час забуває його і в результаті розв'язує задачу не самим раціональним способом. В більшості випадків такі розв'язки бувають громіздкими, в них легко заплутатись та припуститись помилки. Для того, щоб цього уникнути, потрібно проводити уроки систематизації знань, на яких учні можуть розв'язувати одну задачу декількома методами та при цьому порівнювати їх, обираючи найбільш ефективний та раціональний.

Однією з форм уроків по систематизації і узагальнення кількох тем може служити урок рішення однієї задачі. Основна мета – показати різноманіття підходів при вирішенні однієї задачі, розвивати дослідницькі навички, формувати вміння бачити раціональні способи вирішення. Однак захоплюватися цією формою не слід. Такі уроки стануть найбільш ефективними, якщо їх проводити декілька разів на семестр, він як би завершує певний етап навчання. Зручно проводити їх в кінці вивчення всього курсу планіметрії, під час уроків узагальнюючого повторення при підготовці до підсумкової атестації. Тоді можна підібрати таке завдання, при вирішенні якої дійсно застосовувався б великий обсяг теорії.

Ефективним способом вивчення різних методів є їх порівняння, коли після вивчення декількох методів вирішення геометричної задачі, учні на одному уроці будуть розв'язувати задачу відомими їм методами і порівнювати їх. Зокрема, відбирається задача, яка розв'язується кількома способами і охоплює великий об'єм теоретичного матеріалу.

На таких уроках спочатку потрібно чітко вказати учням, що дана задача має кілька прийомів рішення і, можливо, сказати які саме використовувати. Спочатку вчитель показує сутність основних методів, наводить різні приклади. Наступним важливим кроком є демонстрація застосування різних методів при вирішенні однієї і тієї ж задачі. Це дозволить учням співставити вивчені методи, провести їх порівняльну характеристику, виявити переваги того чи іншого методу при вирішенні певних завдань.

Коли учні в достатній мірі оволодіють різними методами розв'язування задач, необхідно збільшити ступінь їх самостійності. Учителю вже не потрібно говорити про те, що задача має декілька методів розв'язання, учні самі повинні це зрозуміти, а також назвати ці методи. Учні повинні при мінімаль-

ній допомозі вчителя вміти застосовувати різні методи до вирішення однієї задачі, робити висновки про доцільність їх використання в кожному конкретному випадку, грамотно аргументувати свою позицію.

Під час виконання самостійної роботи учням дається певний час на розв'язування задачі, після чого, кожен з них повідомляє, скільки способів її рішення було знайдено. Потім до дошки викликається будь-який з учнів, які знайшли тільки один спосіб вирішення задачі, і демонструє його. Після цього вчитель з'ясовує, хто з учнів знайшов інший спосіб, і викликає його до дошки для показу цього способу і т.д.

При використанні даного методу учні замість вирішення декількох стереотипних задач вирішують одну задачу кількома способами, що дозволяє учням мислити, міркувати, розвивати гнучкість мислення, а також застосовувати всі можливі отримані раніше знання з геометрії. Урок однієї задачі має багато переваг: підвищення ефективності навчальної діяльності, мотивації, рівня знань учнів, заповнення «прогалин» в раніше вивчених темах.

Висновки

Інструментами досягнення дидактичної мети на уроках геометрії є різні методи та способи розв'язування геометричних задач. Тому варто приділити особливу увагу навчанню учнів основним методам розв'язування задач. Саме такий підхід допомагає учням розширити коло розглянутих задач, сформувати вміння аналізувати та використовувати раніше набуті знання в конкретних ситуаціях, вибираючи необхідні для конкретного випадку, та інтерпретувати їх для тієї чи іншої задачі. Вирішуючи одну і ту ж задачу різними способами, можна більш ефективно усвідомити зміст того чи іншого поняття, теми, розділу і всього курсу геометрії.

Розв'язування задач різними способами привчає учнів: творчо мислити; самостійно висувати та перевіряти гіпотези; раціонально планувати пошук розв'язування задачі; порівнювати та аналізувати отримані результати; пізнавати основні методи розв'язування задач.

Література

1. *Возняк О.Г.* Метод координат у геометричних задачах. Навч. посібник. Тернопіль : Навчальна книга- Богдан, 2013. 64 с.
2. *Гельфанд И.М., Глаголева Е.Г., Нирилов А.А.* Метод координат. М. : Наука. 1973. 88 с.
3. *Готман Э.Г.* Задачи по планиметрии и методы их решения: Пособие для учащихся. М. : Просвещение, 1996. 240 с.

4. *Кушнір І.А.* Методи розв'язання задач з геометрії. Кн. Для вчителя. К., 1994. 464с.
5. *Лов'янова І.В.* Вибрані методи і прийоми розв'язування геометричних задач (матеріали для факультативних занять та курсів за вибором). 11 клас / І. В. Лов'янова; за заг. ред. проф. Н. А. Тарасенкової. Черкаси : видавець Чабаненко Ю.А. 2014. 68 с.
6. *Нелін Є.П.* Геометрія: дворівн. підруч. для 10 кл. загальноосвіт. навч. закладів: академ. і профільн. рівні. Х. : Гімназія, 2010. 240 с.
7. *Пойя Д.* Как решать задачу. Пособие для учителей / Пер. с англ. М. : Либроком, 2010. 208 с.

Besedin B.B., Zhadan O.S.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Solution of tasks in geometry by different methods

In this article ways of systematization and generalization of knowledge of geometry, in particular, unleashing of tasks are considered by different methods. Such activity demands from pupils to seize theoretical material, different methods to unleashing of tasks, ability to compare them and to choose necessary.

Keywords: *tasks, method, decision methods, lesson to one task.*

¹ кандидат педагогічних наук, доцент кафедри МНМ та МНІ, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: besedin_boris@ukr.net, ORCID 0000-0003-2157-5252

² студент 4 курсу фізико-математичного факультету, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: gaydar.sergiy.1999@gmail.com, ORCID 0000-0001-7448-5037

ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ УЗАГАЛЬНЕННЯ ТА СИСТЕМАТИЗАЦІЇ ЗНАНЬ ПРИ ВИВЧЕННІ АЛГЕБРИ В 7-9 КЛАСАХ

Стаття присвячена проблемі узагальнення та систематизації знань учнів при вивченні курсу алгебри 7-9 класів, необхідності вдосконалення методики навчання математики та розробці методичних рекомендацій щодо вирішення цієї проблеми.

Ключові слова: *узагальнення, систематизація, комп'ютер, ІКТ.*

Вступ

На сучасному етапі розвитку педагогічної науки і шкільної практики особливого значення набуває проблема організації навчальної діяльності школярів та розробки нового змісту та нових технологій навчання і виховання, адже в системі освіти України взято курс на гуманізацію та демократизації навчання, де формування особистості та компетентності учнів виходить на перший план. Видатні педагоги зазначали важливість узагальнення та систематизації знань, наприклад Я.А. Коменський стверджував: «Все повинно здійснюватися так послідовно, щоб сьогоднішнє закріплювало вчорашнє і торувало шлях до завтрашнього» [3]. Аналіз контрольних робіт, відповідей учнів свідчить про не достатню систематизованість знань. Певна частина вчителів не займається цією проблемою на необхідному рівні, інші розуміють систематизацію досить своєрідно, зводячи її до організації уроків узагальнюючого повторення. І навіть узагальнююче повторення дуже часто підміняється простим повторенням матеріалу, в процесі якого учні розв'язують вправи безпосередньо взяті із відповідних контрольних робіт.

Нові тенденції в розвитку системи неперервної освіти вимагають приділення належної уваги саме формуванню вмінь засвоювати та використовувати інформацію, оволодіванню учнями механізмом мислення, що дасть можливість творчо підійти до розв'язання поставлених перед учнями проблем. Серед загальних прийомів розумової діяльності учнів важливе значення мають систематизація та узагальнення, що здатні забезпечити активну і самостійну

теоретичну та практичну діяльність учнів в цілісному педагогічному процесі. Оскільки необхідність систематизації та узагальнення при навчанні математики зумовлюється характером самої науки математики, то по цій причині в критеріях оцінювання навчальних досягнень з математики в системі загальної середньої освіти, рекомендованих Міністерством освіти і науки України, характеристикою високого рівня навчальних досягнень учня (необхідних для одержання найвищого бала) є вміння узагальнювати і систематизувати набуті знання. Одним із шляхів забезпечення умов для досягнення кожним учнем необхідного рівня знань умінь і навичок з математики є поєднання традиційних та інноваційних технологій навчання і виховання

Основна частина

В процесі узагальнення і систематизації знань переслідується мета встановлення як внутрішніх зв'язків засвоєної системи знань, так і зовнішніх, міжсистемних зв'язків на основі попередньо вивченого матеріалу. При цьому є доцільним індуктивний підхід, від окремого до загального, який передбачає: ознайомлення учнів з темою, цілями та завданнями; мотивацію навчання; відтворення здобутих знань; узагальнення та систематизацію їх із встановленням внутрішньо-системних та зовнішньо системних зв'язків, тощо.

Методика систематизації та узагальнення знань передбачає підготовку у вигляді накреслення плану проведення, системи наочності, визначення характеру та обсягу завдань, що будуть надаватися учням.

Систематизація математичних знань являє собою процес встановлення зв'язків між математичними поняттями, їх властивостями (судженнями), способами розв'язування завдань з метою утворення системи знань. Завдяки систематизації знань учні глибше усвідомлюють, запам'ятовують, використовують у навчанні та майбутній професійній діяльності основні математичні ідеї та операційні навички, тому систематизація може стати для них методом поглибленого вивчення математичних об'єктів [5].

Шкільний курс алгебри характеризується підвищенням теоретичного рівня навчання, поступовим посиленням ролі теоретичних узагальнень і дедуктивних висновків. Прикладна спрямованість курсу забезпечується систематичним зверненням до прикладів, що розкривають можливості вживання математики до вивчення дійсності і вирішення практичних завдань [1].

Застосування доцільних інформаційних технологій сприяє кращому усвідомленню учнями функціонально-морфологічних компонентів системи математичних знань, а саме елементів системи, зв'язків між елементами системи та зовнішнім середовищем, системної властивості та функції, а також рівня

ієрархії системи. Це досягається за рахунок спеціального відбору змісту навчального матеріалу, що підлягає систематизації, групування його особливим чином (структурні схеми, таблиці, діаграми тощо), проведення розрахунково-графічних експериментів під керівництвом вчителя, а також під час самостійної частково-пошукової роботи учнів у колективних та індивідуальних навчальних проектах, присвячених систематизації математичних знань [4].

Основним видом використання комп'ютерно-орієнтованих засобів навчання є їх органічна інтеграція в певні теми занять. Учні опановують комп'ютерні програми, набувають навичок користування пристроями введення-виведення, уміння й навички управління комп'ютером та одночасно удосконалюють свої знання з предмету, розвивають пам'ять, просторову уяву, логічне мислення, творчі здібності.

Тож, завданнями застосування комп'ютера при вивченні курсу алгебри є:

- забезпечення зворотного зв'язку в процесі навчання;
- підвищення наочності навчального процесу;
- пошук інформації із різноманітних джерел;
- індивідуалізація навчання;
- моделювання досліджуваних процесів або явищ;
- організація колективної та групової роботи;
- здійснення контролю за навчальними досягненнями [2].

Комп'ютер при вивченні курсу алгебри розглядається як потужний дидактичний засіб, який включає дітей до активної праці, підвищує їхній інтерес до навчання, сприяє кращому засвоєнню матеріалу і підвищує ефективність навчання.

Таким чином, по мірі вивчення математики в сучасній школі необхідність систематизації та узагальнення знань значно зростає. Без впровадження в навчальний процес ІКТ неможливо досягнути тих цілей, які ставить школа в навчанні математиці. Сформулюємо основні положення систематизації та узагальнення знань при вивченні алгебри 7-9 класів у сучасній школі:

- Систематизація знань має відбуватися не тільки на заключному етапі вивчення окремої теми. Така робота має проводитися на різних етапах вивчення теми. Основу систематизації знань учнів повинне складати створення цілісних уявлень про лінії алгебри 7-9 класів з обов'язковим включенням цих знань до системи знань з математики у цілому.

- Використання узагальнюючих схем, таблиць та інших засобів наочності сприяє формуванню в учнів системи знань. Необхідно включити до шкільної програми можливість роботи з пакетами комп'ютерних програм з

алгебри. Використання комп'ютерних програм при вивченні курсу алгебри розвиває інтерес до вивчення предмета, підвищує ефективність самостійної роботи учнів, індивідуалізації процесу навчання шляхом: покращення наочності навчання, сприяння формуванню абстрактних уявлень про математичні моделі, поглиблення самостійності вивчення курсу, створення комфортних умов проведення різних форм контролю знань, що допомагає в розробці індивідуальних заходів для корекції знань учнів у межах досягнення визначених цілей навчання.

- Систему вправ підручників доцільно поповнити питаннями і завданнями систематизуючого характеру, які можна буде виконувати за допомогою пакетів програм, націлених на вивчення алгебри. Доцільно пропонувати учням вправи спрямовані на узагальнення і конкретизацію алгебраїчних понять, які можна виконувати за допомогою різноманітних програмних засобів. При виконанні вправ такого виду учню необхідно із усіх засвоєних ним раніше алгебраїчних знань відібрати необхідні для розв'язання даної задачі, застосувати вміння роботи з комп'ютером та програмою та застосувати найбільш зручний алгоритм розв'язання даної вправи.

Висновки

Узагальнення і систематизація знань на уроках математики є важливим і необхідним етапом у процесі формування знань, вмінь, і навичок. За допомогою узагальнення учні встановлюють загальні та істотні ознаки вивчених предметів, явищ, процесів і переходять від вузьких понять до більш загальних і широких.

Використання комп'ютера у сучасній школі дає можливості для вдосконалення традиційних методів навчання, роблячи їх більш ефективним. Завдяки збагаченню традиційної методики систематизації знань педагогічно-доцільними комп'ютеризованими засобами навчання відбувається виділення і закріплення в свідомості учнів функціонально-морфологічних компонентів системи математичних знань.

Розроблені і апробовані на практиці експериментальні комп'ютерно-орієнтовані дидактичні засоби систематизації знань (комп'ютерні презентації відповідної тематики, класифікаційні схеми, діаграми, тощо) формують готовність учнів використовувати засвоєні знання і способи діяльності в житті для розв'язання завдань практичного і теоретичного змісту. Обґрунтоване використання ПК сприяє розвитку розумових здібностей дітей, їхньому творчому мисленню в розв'язанні завдань з математики, підвищує інтерес до навчання, сприяє набуттю знань і вмінь.

Література

1. *Беседін Б.Б., Пономарьова А.О.* Узагальнення та систематизація знань при вивченні алгебри 7-9 класів. Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ. 2013. Випуск 3. С. 140–144.
2. *Жалдак М.І.* Комп'ютер на уроках математики. Посібник для вчителя. К. : Техніка, 1997. 303 с.
3. *Коменський Я.А.* Вибрані педагогічні твори. Під ред. Піскунова О.І. та ін. М. : Педагогіка, 1982, 655 с.
4. *Марченко О.М.* Систематизація знань учнів у процесі навчання математики із застосуванням методу проектів на основі комп'ютерної підтримки. Дидактика математики: проблемы и исследования. 2006. №26. С. 150–154.
5. *Монахов В.М.* Что такое новая информационная технология обучения? Математика в школе. 1990. №2. С. 47–52.

Besedin B.B., Gaydar S.O.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Ways to improve the generalization and systematization of knowledge in the study of algebra in grades 7-9

The article is devoted to the problem of generalization and systematization of students' knowledge when studying the course of algebra of 7-9 grades, the need to improve the methodology of teaching mathematics and the development of guidelines for solving this problem.

Keywords: *generalization, systematization, computer, ICT.*

¹ кандидат педагогічних наук, доцент кафедри МНМ та МНІ, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: besedin_boris@ukr.net, ORCID 0000-0003-2157-5252

² студентка 4 курсу фізико-математичного факультету, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: dyachenkodaria2016@gmail.com, ORCID 0000-0001-6287-1838

РЕАЛІЗАЦІЯ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ

Стаття націлена на розкриття питання реалізації міжпредметних зв'язків на уроках математики, як засобу вирішення проблеми неузгодженості програм природничо-математичних дисциплін, підвищення мотивації учнів до навчання, формування в них цілісного наукового світогляду, виховання всебічно розвиненої, науково-підкованої особистості. Автори пропонують усунути недоліки стикування навчальних програм через налагодження міжпредметних зв'язків на уроках математики шляхами розв'язування міжпредметних пізнавальних задач, проведення інтегрованих уроків, використання інноваційних освітніх технологій тощо.

Ключові слова: міжпредметні зв'язки, інтеграція, навчання математики, міжпредметні пізнавальні задачі, технології STEM-освіти.

Вступ

Постановка проблеми. Нинішній етап наукового розвитку визначається взаємопроникненням (інтеграцією) окремих наук одна в одну і, особливо, проникненням математики в інші галузі знань. Це зумовлено значною кількістю комплексних проблем, що стоять перед людством, розв'язання яких можливе лише із залученням знань з різних галузей науки. Відображенням у шкільному навчанні тих інтеграційних процесів, що відбуваються сьогодні в науці, має стати системне і цілеспрямоване здійснення в освітньому процесі зв'язків між окремими навчальними предметами — міжпредметних зв'язків (далі МПЗ).

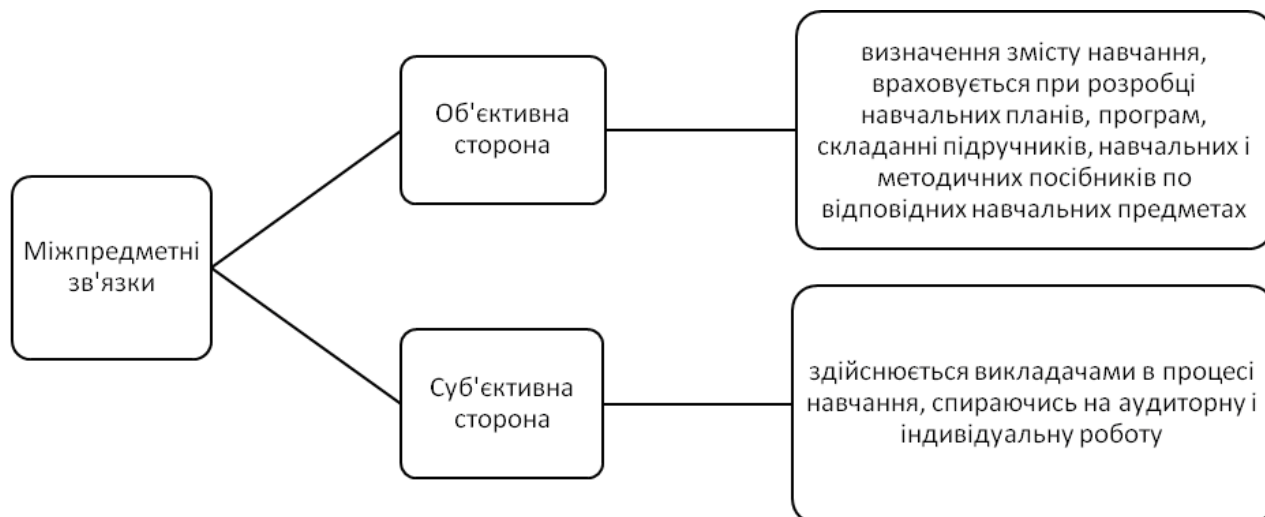
Реалізація МПЗ в ході навчання математики має значний вплив на підвищення якості науково-теоретичної та практичної підготовки школярів, сприяє формуванню в них уявлень про явища природи та зв'язки між ними, розуміння цілісної картини світу, забезпечення наскрізного застосування знань.

Аналіз актуальних досліджень. Проблеми реалізації міжпредметних зв'язків присвячені роботи великих педагогів-дидактів, психологів та методистів, зокрема М. Планка [8], Я.А. Коменського [6], К.Д. Ушинського [11], О. Декролі [4], І.П. Павлова, П.Я. Гальперіна, І.О. Сікорського, В.О. Сухомлинського, Л.С. Виготського [3, 9, 10] та інших.

Мета статті — окреслити шляхи реалізації міжпредметних зв'язків при вивченні математики в школі.

Основна частина

«Міжпредметні зв'язки» — це вираження фактичних зв'язків, що встановлюються в процесі навчання або в свідомості учня, між різними навчальними предметами.



МПЗ класифікують за змістом навчального матеріалу, вміннями, що формуються, методами та засобами навчання.

Міжпредметні зв'язки виконують ряд важливих функцій в навчанні математики: методологічну, освітню, розвиваючу, виховну, конструктивну.

Вони впливають на відбір і структуру навчального матеріалу різних предметів, допомагають обрати оптимальні, дієві методи навчання, спрямовують учителів на створення комплексних форм навчання, сприяють досягненню єдності освітнього процесу та забезпечують системність знань учнів.

Реалізація цих зв'язків відкидає дублювання при вивченні матеріалу, економить час і створює сприятливі умови для формування певних компетентностей, які сприятимуть здатності учня застосовувати свої знання в реальних життєвих ситуаціях.

Здійснення систематичного зв'язку між різними навчальними предметами впевнює учнів у тому, що шкільні предмети не відірвані один від одного, а з різних боків, кожний своїми методами, вивчає матеріальний світ.

Нажаль, і досі трапляються випадки неузгодженості навчальних програм шкільних предметів, які гальмують вищевказані процеси.

Наприклад:

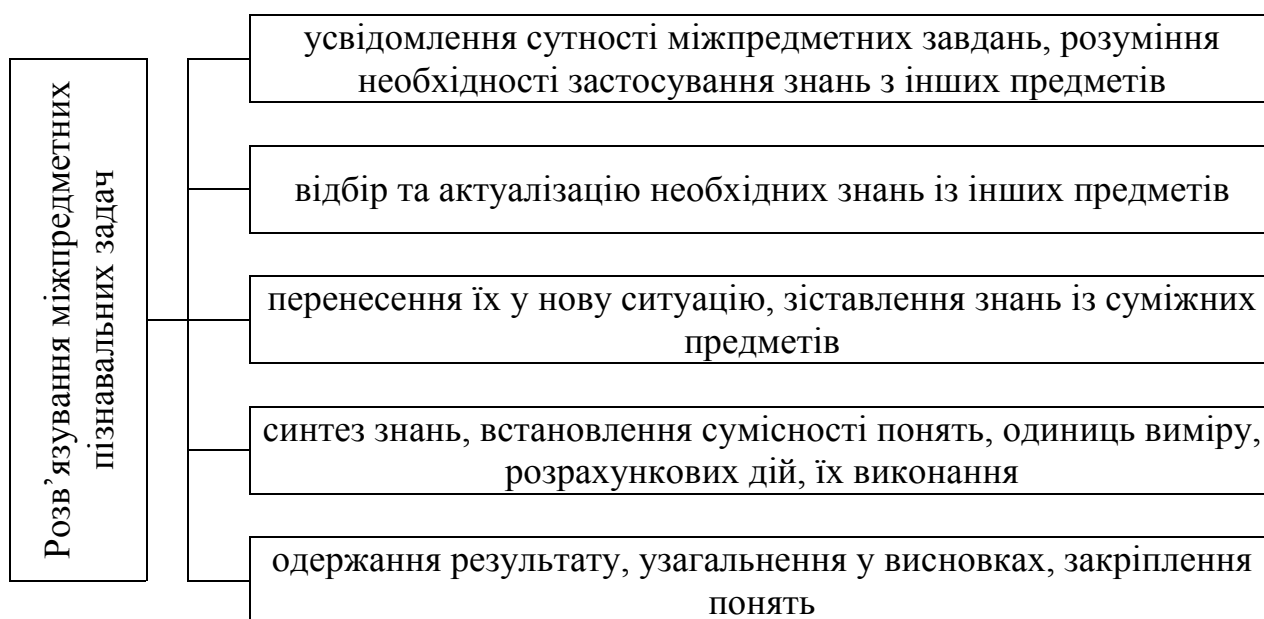
Зміст навчального матеріалу	Тема, предмет, клас	Тема, предмет, клас
Вимірювання кутів.	Кут. Вимірювання кутів. Геометрія, 7 кл., I семестр	Азимут. Географія, 6 кл., I семестр
Координатна площина.	Координатна площина. Математика, 6 кл., II семестр	Погода. Роза вітрів. Географія, 6 кл., I семестр
Масштаб.	Відношення і пропорції. Математика, 6 кл., I семестр (кінець)	Масштаб. Географія, 6 кл., I семестр (початок)
Вектори.	Вектори. Геометрія, 9 кл.	Взаємодія тіл. Сила. Фізика, 7 кл., II семестр Векторна графіка. Інформатика, 6 кл., I семестр
Стандартний вигляд числа	Стандартний вигляд числа. Алгебра, 8 кл.	Навколишній світ, в якому ми живемо. Мікро-, макро- і мега-світи. Фізика, 7 кл., I семестр
Пряма пропорційність	Пряма пропорційність. Алгебра, 7 кл., II семестр	Рівномірний прямолінійний рух. Фізика, 7 кл., I семестр
Показникова функція	Показникова функція. Алгебра та початки аналізу, 11 кл., I семестр	Радіоактивність. Фізика, 9 кл., II семестр, Фізика, 11 кл., II семестр
Залежність між рівнянням координати тіла та рівнянням його швидкості	Похідна. Алгебра та початки аналізу, 10 кл., II семестр	Механічний рух. Фізика, 9 кл., I семестр, Фізика, 10 кл., I семестр

Подолати вищевказані недоліки стикування навчальних програм допоможе налагодження системи міжпредметних зв'язків. Шляхи вирішення цієї проблеми полягають у:

- вивченні та ретельному аналізі навчальних програм суміжних дисциплін: математики, фізики, хімії, біології, географії;
- встановленні зв'язків між навчальними темами з цих предметів;
- реалізації наскрізних змістових ліній;
- налагодженні тісної співпраці з вчителями природничо-математичних дисциплін;
- організації взаємовідвідування, спільного планування уроків;
- проведенні інтегрованих уроків, предметних днів, тижнів та інших заходів;
- використання інноваційних освітніх технологій;
- посиленні ролі спільних позакласних заходів з предметів природничого циклу.

Шляхи реалізації МПЗ в процесі навчання математики можуть бути різноманітними. Одним із них є розв'язування міжпредметних пізнавальних

задач.



При цьому, слід пам'ятати, що задачі мають демонструвати практичне застосування математичних ідей і методів та ілюструвати матеріал, що викладається на певному уроці, містити відповідні або інтуїтивно зрозумілі учням поняття і терміни, а також реальні числові дані, що не ведуть до громіздких обчислень. За таких умов використання прикладних задач, складених на матеріалах суміжних предметів, дає значний педагогічний ефект.

Це можуть бути:

- задачі з екологічним сюжетом на основі краєзнавчого матеріалу, довкілля: «Побудуйте діаграму довжин річок. Довжина Дніпра – 2285 км, Десни – 1126 км, Дністра – 1362 км, Південного Бугу – 857 км, Сіверського Дінця – 1053 км» (Тема «Діаграми» 6 кл.);
- задачі з хімічним змістом на суміші і сплави: «Є два сплави міді зі сріблом. Перший сплав містить 85% срібла, а другий — 60%. Шматок першого сплаву масою 4 кг сплавив з шматком другого сплаву масою 6 кг і одержали третій сплав. Знайдіть у відсотках вміст срібла у третьому сплаві». (тема «Відсоткові розрахунки» 6 кл.);
- задачі з фізичним змістом, які допоможуть отримати повну картину фізичного явища: «Тіло масою 3 кг рухається за законом $s(t) = 3t^2 - 5t + 8$ (час t вимірюють в секундах, переміщення s в метрах). Знайдіть кінетичну енергію $E(t) = \frac{mv^2(t)}{2}$ тіла в момент часу $t_0 = 5$ с». (тема «Похідна та її застосування» 10 кл.);
- задачі, які сприяють вихованню національної самосвідомості: «В бою під Крутами в січні 1918 року полягло 300 українських студентів. Скільки років минуло відтоді?»;

- задачі з географічним змістом: «У скільки разів довжина ріки Сіверський Донець (1053 км) більша від довжини ріки Прут (85 км)? (тема «Натуральні числа» 5 кл.), тощо.

Однак використання таких задач є не єдиним засобом реалізації міжпредметних зв'язків. Широкі можливості щодо вирішення цієї проблеми надають міжпредметні (інтегровані) уроки.

Основні вимоги щодо організації міжпредметного уроку:

- урок повинен мати чітко визначене і сформульоване навчально-пізнавальне завдання;
- мають бути забезпечені позитивна мотивація, висока активність і зацікавленість учнів;
- встановлення міжпредметних зв'язків має сприяти розумінню учнями суті понять, положень, процесів і явищ, що розглядаються на уроці;
- наприкінці міжпредметного уроку необхідно сформулювати висновки, що відповідають меті та завданням його проведення.

Для проведення інтегрованих уроків необхідно проаналізувати програми з різних навчальних предметів, виявити споріднені теми та об'єднати їх з позиції провідної ідеї і провідних положень «свого» навчального предмета.

Організовуючи проведення інтегрованого уроку, вчителю доводиться, виділяти значний додатковий час для ретельної підготовки відповідних наочних матеріалів, технічних засобів, здійснення тісного зв'язку із учителями суміжних предметів тощо.

Можна запропонувати наступні теми для проведення інтегрованих уроків: в 6 класі — математика і біологія «Математичні моделі в біології. Відсоткові розрахунки», в 7 класі — алгебра та хімія «Розв'язування задач на застосування елементів прикладної математики при обчисленні масової частки, маси, об'єму речовини в суміші», в 8 класі — алгебра, хімія та основи здоров'я «Глобальні екологічні проблеми». Цей перелік можна продовжити і далі, але особливо зручно проводити інтеграцію знань у 9 класі, коли в учнів є відповідна база знань з предметів і, зокрема, за самою програмою на це питання виділяється цілий розділ — «Прикладна математика».

Ще одним із напрямків реалізації МПЗ, здійснення інтеграції в освітньому процесі, є система STEM навчання, завдяки якій в учнів розвивається логічне мислення та технічна грамотність; вони вчаться вирішувати поставлені задачі, стають новаторами, винахідниками.

STEM-підходи до навчання передбачають поступове нарощення самостійної діяльності учнів:

- у 1-5 класах стимулювання учнів до проведення пошукової роботи під

керівництвом вчителя;

— у 6-8 класах спроби проведення дослідницьких робіт на основі навчального матеріалу з програми (виконати всі етапи наукового дослідження і самостійно отримати новий для них факт);

— у 8-9 класах самостійне дослідження теми, що виходить за межі програмного матеріалу. Учні працюють самостійно і лише інколи радяться з вчителем. Результат – написання і захист роботи на МАН, участь у творчих конкурсах і фестивалях;

— у 9-12 класах наукове дослідження за обраною темою, досягнення практичного результату, розробка Startup.

Однією із STEM-технологій навчання математики є використання практико-орієнтованих завдань, тобто, завдань, умови яких є описом ситуацій із повсякденного життя учнів.

Наприклад, учням п'ятого класу можна запропонувати:

- «Обчислити площу класної кімнати, виконавши необхідні вимірювання»;
- «Обчислити довжину плінтуса, необхідного для оздоблення класної кімнати. Скільки вимірів необхідно зробити, враховуючи, що кімната має форму прямокутника?»;
- «Визначте довжину власного кроку та виміряйте кроками довжину і ширину спортивного майданчика біля школи. Якою буде його площа в кроках? В сантиметрах, метрах?».

Для розвитку графічних навичок та обчислювальних умінь учнів застосовують лабораторно-графічні роботи. Вони дають можливість повніше й більш свідомо засвоїти математичні залежності між величинами, ознайомитись із вимірювальними й обчислювальними приладами та їх застосуванням на практиці, навчитися проводити вимірювання та обчислення з певною точністю тощо.

Застосування оригамі, головоломок, орнаментів та інших елементів наочної геометрії сприяє розвитку просторової уяви, логічного мислення, підвищення інтересу учнів до вивчення предмету. Вже учням 5 класу можна запропонувати завдання: «Побудувати пряму, маючи аркуш паперу». Спочатку воно їх дивує, але згодом дехто з учнів може запропонувати провести пряму по одній із сторін прямокутного аркуша паперу. Тоді учитель трохи ускладнює завдання, зазначивши: «А якщо аркуш має довільну форму»? Учні починають міркувати та методом спроб і помилок приходять до висновку, що достатньо просто перегнути аркуш — і лінія перегину буде тією самою шуканою прямою. Даний приклад вдало ілюструє початок дослідницької ді-

яльності в 5 класі.

Дуже корисним є проведення плернерних уроків, проведення яких передбачається не в класі, а просто неба або у довкіллі, щоб вчитися бачити, слухати і розуміти навколишній світ. На таких уроках можна вдало пов'язати теорію з практикою та реальним життям. Прикладом може бути урок-екскурсія в 5 класі на тему «Математика навколо нас», яку можна провести на пришкольній території з метою спостереження за предметами, явищами, процесами, що вивчаються, та використання теоретичних математичних знань на практиці. Цікавим буде урок-практикум з геометрії в 8 класі на тему «Розв'язування прямокутних трикутників», під час якого учні повинні навчитися знаходити відстані до об'єктів, якщо неможливо до них пройти навіпростець, виміряти висоту об'єкта, якщо його вершини недоступні, застосовуючи співвідношення між сторонами і кутами прямокутного трикутника.

Проект як засіб реалізації STEM-освіти у школі дозволяє органічно інтегрувати знання учнів з різних дисциплін під час розв'язання реальних проблем, обумовлює їх практичне використання, генерує при цьому нові ідеї, формує всі необхідні життєві компетенції.

Можна запропонувати учням виконати наступні інформаційні проекти: в 5-му класі «В загадковому світі натуральних чисел», в 6-му класі «Пропорція навколо нас», в 7-му класі «Світ трикутників» (геометрія), у 8-му класі «Різні способи доведення теореми Піфагора» (геометрія), у 11-му «Правильні многогранники» (геометрія) тощо. Дуже важливим є етап захисту проєктів, де учнів вчать слухати своїх товаришів, аналізувати їхню думку, зіставляти зі своєю, оцінювати себе та інших. Це сприяє формуванню толерантного ставлення до оточуючих.

Позакласна робота з математики є складовою всього освітнього процесу, природним продовженням роботи на уроці. Відомості, здобуті під час цих занять надовго залишаються в пам'яті учнів і позитивно впливають на навчання.

Змістовне дозвілля можна організувати через проведення екскурсій, під час яких наочно демонструються учням переваги технологічних досягнень, здійснюється узагальнення вивченого теоретичного матеріалу і реалізується змога показати можливості його застосування в реальному житті. Це є потужним засобом здійснення завдань STEM-освіти: популяризації інженерно-технологічних професій, формування наукового світогляду, інтеграції матеріалу різних навчальних предметів в межах навчального уроку, дня і сприяє реалізації керованої дослідницько-проєктної діяльності тощо.

З метою розвитку STEM-освіти необхідно також залучати учнів до участі

в олімпіадах з предметів природничо-математичного циклу та різноманітних конкурсах: Міжнародному математичному конкурсі «Кенгуру», Всеукраїнському фізичному конкурсі «Левеня», конкурсах науково-дослідницьких робіт МАН, тощо. Досвід участі в них допоможе учням ліквідувати наявні прогалини між розв'язуванням стандартних прикладів та задач із шкільних підручників і досить важкими завданнями олімпіад, ЗНО.

Висновки

Міжпредметні зв'язки — це вираження фактичних зв'язків, що встановлюються в процесі навчання, в свідомості учня між різними навчальними предметами. Вони дозволяють виокремити головні елементи змісту навчання, передбачити розвиток системо-утворюючих ідей, понять, загально-наукових прийомів освітнього процесу, можливості комплексного застосування знань з різних предметів в навчальній діяльності учнів.

Міжпредметні зв'язки стимулюють потяг учнів до знань, укріплюють їх інтерес до предмету, розширюють зацікавленість, поглиблюють знання, сприяють становленню інтересів професійного плану. Використання міжпредметної інтеграції робить процес навчання різноманітним, цікавим, емоційно забарвленим, творчо насиченим. При цьому, забезпечується висока активність школярів у використанні знань з одного предмету на уроках з іншого і навпаки, цікаво і просто поєднуючи теоретичні знання з їх практичним застосуванням.

Реалізація міжпредметних зв'язків під час навчання вимагає від учителя знань змісту програм і підручників з інших суміжних предметів, передбачає співробітництво вчителя математики з вчителями хімії, фізики, географії, взаємовідвідування уроків, їх спільного планування та проведення, використання інноваційних технологій, зокрема STEM-освіти, проведення інтегрованих уроків, днів, позакласних заходів з предметів природничого циклу тощо.

Комплексний підхід у вивченні математики сприяє розвитку логічного аналізу і стратегічних навичок школяра, що в свою чергу виховує всебічно розвинену, науково сформовану особистість.

Можна сміливо стверджувати, що використання міжпредметних зв'язків є одним з напрямків особистісної орієнтації освіти і забезпечує розвиток нового, творчого покоління громадян нашої держави.

Література

1. Бевз В. Міжпредметні зв'язки як необхідний елемент предметної системи навчання. // Математика в школі. — 2003. — №6. — С. 11–15. Красицька Г.В. — Професійна педагогіка — тема 13.

2. Бевз Г.П. Методи навчання математики. Х. : Основа, 2003.
3. Гальперін П.Я. Методики навчання і розумового розвитку дитини, 1985.
4. Інноваційні педагогічні технології: навч. посіб. / І. М. Дичківська. — К. : Академвидав, 2004. — 352 с. — (Серія «Альма-матер»). — Бібліогр.: С. 331–333. — ISBN 966-8226-17-8
5. Кириленко С. Поліфункціональний урок у системі STEM-освіти: теоретико-методологічні та методичні сегменти. / С. Кириленко, О. Кіян // Рідна школа. — 2016. — №4. — С. 50–54.
6. Коменський Я.А. Мир чувственных вещей в картинках. — Изд.2-е / Под ред. и со вст. проф. А.А. Красновского. — М.: Учпедгиз, 1957. — 351 с.
7. Підласий І. П. Практична педагогіка або три технології : інтерактивний підручник для педагогів ринкової системи освіти /І. П. Підласий. — К. : Вид. дім «Слово», 2004. — 616 с.
8. Планк М. Единство физической картины мира. — М.: Педагогика, 1966. — 183 с.
9. Психологические основы воспитания и обучения / И. А. Сикорский. — 3-е изд., доп. — К.: Лито-тип. Т-ва И. Н. Кушнеревъ и К°, 1909. — 112 с.
10. Сухомлинський В.О. Вибрані твори: в 5 т. / В. О. Сухомлинський. — Київ : Рад. школа, 1976. — 654 с.
11. Ушинський К.Д. Вибрані педагогічні твори: У двох томах. Т.2. Проблеми російської школи / Склали і підг. Е. Д. Дніпров. — К.: Рад. шк., 1983. — 360 с.

Besedin Boris B., Diachenko Daria D.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Implementation of interdisciplinary connections in mathematics lessons

The article aims to reveal the implementation of interdisciplinary links in mathematics lessons as a means of solving the problem of inconsistency of programs of natural sciences and mathematics, increase student motivation to learn, the formation of a holistic scientific worldview, education of well-developed, scientifically savvy personality. The author proposes to eliminate the shortcomings of the integration of curricula through the establishment of interdisciplinary links in mathematics lessons by solving interdisciplinary cognitive problems, conducting integrated lessons, the use of innovative educational technologies and more.

Keywords: *interdisciplinary links, integration, teaching mathematics, interdisciplinary cognitive tasks, STEM education technologies.*

МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ ТА АСТРОНОМІЇ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ТА ВИЩОЇ ОСВІТИ

УДК 378.1

Ткаченко В.М., Притула М.І., Черевань Є.О.

¹ кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: tkachenkovn2@gmail.com, ORCID 0000-0003-1042-2656

² студент 1 курсу магістратури фізико-математичного факультету, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: elanir358@gmail.com, ORCID 0000-0001-8426-6364

³ учитель математики КЗ «Володимирівська загальноосвітня школа I-III ступенів» Межівської селищної ради Дніпропетровської області

ORCID 0000-0002-1265-455X

ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ДО РЕАЛІЗАЦІЇ СУЧАСНОЇ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН

Стаття присвячена модернізації природничо-наукової компоненти змісту освіти. Розглянуто проблеми, які виникають на цьому шляху. Звертається увага на необхідність широкого запровадження ІКТ при вивченні природничих дисциплін. Зазначено на можливість запровадження елементів синергетичного підходу до системи навчального фізичного експерименту у процесі навчання природничих дисциплін. Звернуто увагу на використання двох перцептивних схем психічного сприйняття діяльності суб'єкта пізнання: основної і допоміжної.

Ключові слова: *ІКТ, природничі дисципліни, синергетика, навчальний фізичний експеримент, реальне і віртуальне.*

Вступ

Модернізація природничо-наукової компоненти змісту освіти – це вимога сьогодення [1], загальносвітова тенденція. У зв'язку з цим виникає необхідність адаптації вітчизняної системи освіти до європейського освітнього простору, яка пов'язана з цілою низкою проблем:

- Вивчення природознавства, починаючи з п'ятого класу основної школи передбачає підготовку вчителя, який має бути фахівцем з трьох наукових галузей: фізики, хімії, біології, а також має володіти відповідними професійними та експериментальними компетентностями у кожній

з трьох природничих галузей (Природничо-наукова компетентність індивіда [2]).

- На законодавчому рівні зафіксовано й розпочато науково-методичну розробку варіанту вивчення природничих дисциплін (фізики, хімії, біології, географії, астрономії та екології) як єдиного інтегрованого курсу «Природничі науки» для 10-11 класів, які навчаються за суспільно-гуманітарним профілем. Саме такі курси дозволяють формувати в учнів інший (інтегрований) образ світу, а відповідно й інші фундаментальні структури мислення [3]. А це вимагає підготовки відповідного вчителя природничого напрямку.
- Широке запровадження ІКТ в навчальний процес природничих дисциплін, розробка та створення комп'ютерно-орієнтованих комплексів і комп'ютерно-орієнтованих засобів навчання переконливо доводять можливість запровадження елементів синергетичного підходу [4] до системи навчального фізичного експерименту, як досить ефективної методичної системи у процесі навчання природничих дисциплін.
- У дидактиці й методиці навчання із зазначеного напрямку чітко виокремлюються такі компоненти як реальне і віртуальне [5] (та взаємозв'язок між ними), що в цілому дає підстави, на основі посилення ролі учня як суб'єкта навчання, організовувати та проводити навчально-виховний процес з урахуванням самонавчання, саморозвитку та самоосвіти.

Тож метою статті є дослідження педагогічної проблеми підготовки майбутніх учителів до реалізації сучасної методичної системи навчання природничих дисциплін.

Основна частина

Проблемам реформування і модернізації вищої освіти, різноманітним аспектам підготовки викладачів вищої школи, формуванню їх професійної компетентності, майстерності, професіоналізму присвячені праці багатьох вітчизняних та зарубіжних учених В.П. Андрущенка, І.Д. Беха, В.І. Бондаря, Н.В. Гузій, Р.С. Гуревича, І.А. Зязюна, В.Г. Кременя, Н.В. Кузьміної, В.І. Лозової, В.І. Лугового, О.І. Ляшенка, І.П. Підласого, С.О. Сисоєвої, М.І. Сметанського, та ін.

Питання розвитку компетентнісного підходу у сучасній системі підготовки вчителя до використання інформаційно-комунікаційних технологій в навчальному процесі знайшли своє висвітлення у працях, В.Ю. Бикова, С.П. Величка, Б.С. Гершунського, А.М. Гуржія, М.І. Жалдака, Ю.О. Жука, В.М. Монахова, Н.В. Морзе, О.В. Овчарук, та ін.

В умовах розвитку суспільства, значного збільшення об'єму інформації необхідно радикально оптимізувати пізнавальну діяльність молодих людей на стадії їхнього навчання. Останнє викликало потребу в учителях, здатних опановувати найсучасніші досягнення науки та сформувати в учнів специфічні навички пізнавальної діяльності.

Майбутній учитель природничих дисциплін, в умовах переходу до інформаційного суспільства, має не лише освоювати й застосовувати, а й виробляти знання. Власне це природно що у людини, яка добре засвоїла певні знання, виникає потреба поділитись ними з іншими. Цьому багато прикладів в інформаційному Інтернет-просторі. Основні знання і вміння для цього студенти педагогічних ВНЗ отримують під час вивчення технічних засобів навчання. А на лабораторних і практичних заняттях з фізики, хімії та біології вони мають оволодівати технологією створення комп'ютерно-орієнтованих дидактичних засобів навчання – носіїв інформації: відеоверсій навчального експерименту; елементарного навчального (в тому числі інтерактивних посібників, моделюючого і мультимедійного) та контролюючого програмного комп'ютерного забезпечення. За цих обставин у процесі розробки і створення нових засобів експериментування, поєданого у вигляді засобів ІКТ і навчального фізичного експерименту, привноситься сучасне, нове бачення інтегрованого взаємозв'язку реального і віртуального навчального експерименту. На сьогодні будь-які демонстрації з природничих дисциплін не можуть бути реалізованими абсолютно без засобів ІКТ.

При запровадженні засобів ІКТ у навчальний процес необхідно звернути увагу на використання двох перцептивних схем (схем психічного сприйняття) діяльності суб'єкта пізнання: основної і допоміжної. Основна схема пов'язана з діяльністю спрямованою на формування фахових предметних, а допоміжна – на формування ІКТ-компетентностей. Ці дві перцептивні схеми мають знаходитись у діалектичній єдності. Особливо це важливо для майбутнього фахівця – вчителя. Адже він у своїй подальшій професійній діяльності має використовувати ці обидві схеми, які, в залежності від поставлених задач, можуть помінятись місцями: допоміжна, в одному випадку, може виконувати роль основної і навпаки. Але у кожному конкретному випадку допоміжна схема не повинна переважувати основну. Наприклад, підготовка презентації (як допоміжна схема перцептивної діяльності) при вивченні студентом фізичного явища, або закону (основної схеми перцептивної діяльності) не має бути перевантаженою спеціальними ефектами. Вони можуть забрати значно більше часу аніж вивчення самого фактичного матеріалу. І навпаки, презентація студента при захисті курсової або дипломної роботи (основної схеми

перцептивної діяльності) має на меті якомога яскравіше висвітлити результати своєї роботи (як допоміжної схеми перцептивної діяльності).

Результати попереднього теоретичного аналізу навчальних планів і програм підготовки майбутніх вчителів природничих дисциплін свідчать про те, що основні принципи формування предметних та ІКТ-компетентностей в них реалізуються недостатньо.

Актуальність вирішення цієї проблеми на сьогодні зумовлюється й загостренням низки суперечностей:

- між потребою вивчення природничих дисциплін (фізики, хімії, біології, географії, астрономії та екології) як єдиного інтегрованого курсу і відсутністю фахової підготовки відповідного вчителя природничого напрямку, який мав би володіти відповідними професійними та експериментальними компетентностями у кожній з цих природничих галузей;
- між значенням формування знань, умінь і навичок з природничих дисциплін при проведенні навчального експерименту для вирішення завдання забезпечення фундаментальності освіти й недостатньою теоретичною і практичною розробкою експериментальної підтримки вивчення природничих дисциплін, в тому числі із запровадженням засобів ІКТ, при навчанні студентів педагогічних університетів.
- між необхідністю формування моделі сучасного вчителя, обумовленою неперервним розвитком суспільства, і практикою сьогодення підготовки таких фахівців.
- між необхідністю виведення авторитету професії вчителя природничих дисциплін на якісно-новий професійний рівень і реально існуючими умовами та ціннісними характеристиками даного спеціаліста у нашій державі.

Висновки

У закінченні наводяться висновки з даного дослідження і стисло подаються перспективи подальших розвідок у цьому напрямку.

Подібно тому як інтеграція природничих наук призвела до якісного стрибку в технологіях – нанотехнологіям, вивчення єдиного інтегрованого курсу «Природничі науки» в освіті має на меті формування в учнів всебічного образу світу, а відповідно й більш загальних фундаментальних структур мислення. А розв'язання вище зазначених протиріч і є тим джерелом руху, збудником змін, що дозволить радикально оптимізувати пізнавальну діяльність молодих людей на стадії їхнього навчання.

Література

1. *Ляшенко О.І.* Пріоритети розвитку української школи в умовах реформування освіти. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія : Педагогічна. 2016. Вип. 22. С. 39–42.
2. *Атаманчук П.С.* Природничо-наукова компетентність індивіда: дидактико-філософський аспект. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія : Педагогічна. 2019. Вип. 25. С. 7–19.
3. Методика навчання природознавства в старшій школі: методичний посібник / [К.Ж. Гуз, О.С. Гринюк, В.Р. Ільченко та ін.]. К.: ТОВ «КОНВІ ПРІНТ», 2018. 192 с.
4. *Величко С.П.* Синергетичні основи розвитку комп'ютеризованого навчального експерименту з фізики. Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. 2015. №16. С. 49–53.
5. *Величко С.П., Растрюгіна А.М., Слободяник О.В.* Взаємозв'язок реального і віртуального експериментів як чинник у розвитку практикуму з фізики в середній школі. Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. Суми: Сум. ДПУ імені А.С. Макаренка. 2015. №7. С. 213–220.

Tkachenko Volodymyr M., Prytula Mykola I., Cherevan Yevgeniya O.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Volodymyrivka establishment of general secondary education I-III degrees of Megeve village council of Dnipropetrovs'k region, Ukraine

Preparing future teachers for the implementation of the modern methodological system of teaching natural disciplines

The article is devoted to the modernization of the natural science component of the content of education. The problems arising along this path are considered. Attention is drawn to the need for the widespread adoption of ICT in the study of natural disciplines. The possibility of introducing elements of a synergistic approach to the system of educational physical experiment in the process of teaching natural subjects is shown. Attention is drawn to the use of two perceptual schemes of mental perception of the activity of the subject of cognition: primary and secondary.

Keywords: *ICT, natural sciences, synergetics, educational physical experiment, real and virtual.*

¹ старший учитель, фахівець вищої категорії, учитель фізики, астрономії та інформатики,
Миколаївський ЗЗСО І-ІІІ ст. №3 Миколаївської міської ради Слов'янського р-ну Донецької обл.

e-mail: bytic2010@gmail.com, ORCID 0000-0002-1082-6565

² старший викладач кафедри фізики, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: kafedrafiziki2018@gmail.com, ORCID 0000-0001-7448-3832

ТИСК СВІТЛА ТА ЙОГО ОСОБЛИВОСТІ. ДОСВІДИ ЛЕБЕДЄВА

Стаття розглядає вивчення тиску світла і його застосування в курсі фізики в закладах загальної середньої освіти. Автори пропонують матеріал з даної теми, в якому застосовується нетрадиційні методичні прийоми, що допомагають осмисленому та усвідомленому використанню цього явища. Цей матеріал можна застосовувати при проведенні уроків в 11-х класах, а також при розширенні знань з даної теми на факультативних заняттях.

Ключові слова: тиск світла, світлові кванти, фотони, фотоефект, природа світла, корпускулярно-хвильовий дуалізм.

Вступ

Вчення про світло є одним з важливих у сучасній фізиці.

Згідно до сучасних подань, світло має подвійну корпускулярно-хвильову природу. В одних явищах світло виявляє властивості хвиль, а в інші — властивості частинок. Хвильові й квантові властивості доповнюють один одного.

У цей час встановлено, що корпускулярно-хвильова подвійність властивостей притаманні також будь-якій елементарній частці речовини. Наприклад, виявлена дифракція електронів, нейтронів.

Корпускулярно-хвильовий дуалізм є проявом двох форм існування матерії — речовини й поля.

Важливість теми, на нашу думку, полягає в тім, що сучасна фізика викладається в 11 класі — на завершальному етапі вивчення фізики. Отже, саме розділи сучасної фізики формують в учнів цілісну картину світу й завершують формування світогляду учнів.

Серед «штрихів», що «малюють» сучасну картину світу, дуже важливим є поняття корпускулярно-хвильового дуалізму.

Про корпускулярно-хвильовий дуалізм заговорили фізики на початку ХХ ст. Як елементарні «цеглинки», з яких побудована вся матерія, розглядалися три частинки — електрон, протон і фотон. Фотони виступали «цеглинками» електромагнітного поля, а дуалізм «примиряв» хвильову природу поля

з корпускулярної: розглядаючи електромагнітне поле разом із хвильовими, використовували корпускулярні уявлення.

З 1916 року А. Ейнштейн увів поняття світлових квантів, а в 1922 р. квантову природу світлового випромінювання експериментально довів А. Комптон під час спостереження розсіювання рентгенівського випромінювання в речовині. На основі цього А. Ейнштейн уперше висловив гіпотезу про корпускулярно-хвильовий дуалізм.

Програма з фізики для загальноосвітньої школи містить достатній обсяг знань по оптиці, але значного вдосконалення потребує методика їх викладання, зокрема квантовій оптики.

У зв'язку із цим метою даної роботи є вдосконалення методики викладання квантової оптики в 11 класах загальноосвітньої школи та розробки уроків по даній темі.

Основна частина

Тема. Тиск світла та його особливості. Досвіди Лебедєва.

Мета. Розглянути тиск світла і його особливості. Продовжити формування уявлень про фотон, наданих при вивченні фотоефекта.

1. Повторити фотоефект, закони фотоефекта, рівняння Ейнштейна для фотоефекта, умови виникнення зовнішнього фотоефекта.

2. Повторити пояснення фотоефекта за допомогою квантової теорії світла.

3. Повторити поняття фотона — як часток електромагнітного випромінювання.

4. Основні властивості фотона.

а) є часткою електромагнітного поля,

б) рухається зі швидкістю світла;

в) існує тільки в русі;

г) не має маси спокою;

д) фотон не можна зупинити, він або рухається або не існує, при спробі зупинити він поглинається й передає свою енергію.

5. Розглянути завдання з застосуванням законів фотоефекта; самостійна робота з карток із книги «Мартынов И.М., Хозяинова Э.Н., Буров В.А. Дидактический материал по физике. 10 класс. Пособие для учителей. М. : Просвещение, 1980. 62 с.»

6. Розглянути з усіма учнями завдання на закріплення квантових властивостей світла з посібника по фізиці для підготовчих відділень.

Енергія фотона дорівнює кінетичній енергії електрона, що мав початкову швидкість 10^6 м/с і прискореного електричним полем на ділянці з різницею потенціалів. Знайти довжину хвилі фотона.

Дано

$$m_{\text{эл}} = m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$E_{\phi} = E_{\text{эл}}$$

$$v_0 = 10^6 \text{ м/с}$$

$$U = 4 \text{ В}$$

Знайти

$$\lambda - ?$$

Розв'язання

$$E_{\phi} = h\nu \quad \lambda = \frac{c}{\nu} \quad E_{\phi} = h \frac{c}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E_{\phi}} = \frac{hc}{E_{\text{эл}}} \quad E_{\text{эл}} = E_{\kappa} = \frac{mv^2}{2}$$

$$A_{\text{эл}} = \Delta E_{\kappa} = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

$$A_{\text{эл}} = qU = e \cdot U \quad eU = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + eU$$

$$\lambda = \frac{hc}{\frac{mv_0^2}{2} + eU} = \frac{2hc}{mv_0^2 + 2eU} \approx \dots \approx 1,8 \cdot 10^{-7} \text{ (м)}$$

7. Основний постулат корпускулярної теорії електромагнітного випромінювання звучить так: електромагнітне випромінювання (і зокрема світло) — це потік часток, названих фотонами. Фотони поширюються у вакуумі зі швидкістю, рівної граничній швидкості поширення взаємодії, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, маса та енергія спокою будь-якого фотона дорівнюють нулю, енергія фотона E пов'язана з частотою електромагнітного випромінювання ν і довжиною хвилі λ формулою

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}. \quad (1)$$

Зверніть увагу: формула (1) пов'язує корпускулярну характеристику електромагнітного випромінювання, енергію фотона, із хвильовими характеристиками — частотою й довжиною хвилі. Вона являє собою місток між корпускулярною й хвильовою теоріями. Існування цього містка неминуче, тому що й фотон, і електромагнітна хвиля — це всього-на-всього дві моделі того самого реально існуючого об'єкта — електромагнітного випромінювання.

Будь-яка частка, що рухається (корпускула) має імпульс, причому відповідно до теорії відносності, енергія частки E та її імпульс p зв'язані формулою

$$E = \sqrt{E_0^2 + (cp)^2}, \quad (2)$$

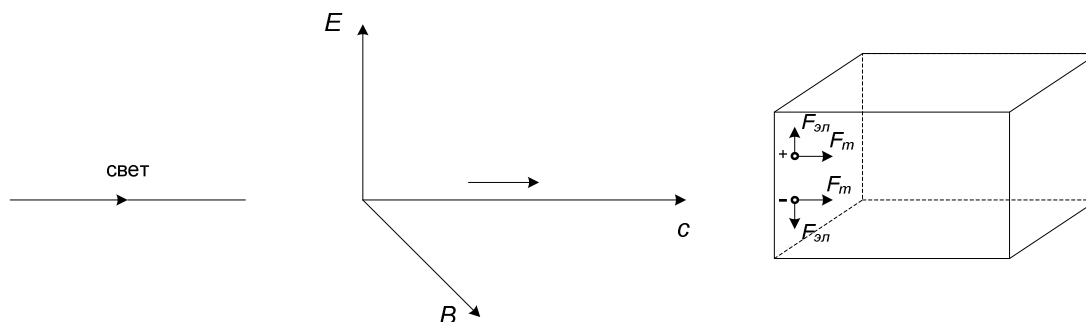
де E_0 — енергія спокою частки. Тому що енергія спокою фотона дорівнює нулю, то з (1) і (2) випливають дві дуже важливі формули:

$$E = c \cdot p, \quad p = \frac{h}{\lambda}.$$

8. Таким чином, існування світлового тиску з'явилося важливим підтвердженням електромагнітної природи світла. Воно також є одночасно й підтвердженням квантових властивостей світла, зокрема, того факту, що фотони мають імпульс і можуть здійснювати тиск на перешкоду.

9. Повторити магнітне поле, дія магнітного поля на заряд, що рухається, сила Лоренца, визначення напрямку сили Лоренца за допомогою правила лівої руки.

10. Відзначити, що якщо вважати, що світло має електромагнітну природу, то можна показати, що на електрони, що рухаються в магнітному полі електромагнітної хвилі, діє сила Лоренца, спрямована убік поширення хвилі. Ця сила повинна тиснути на перешкоду. Тому світло повинен натискати на предмети, на які він падає.

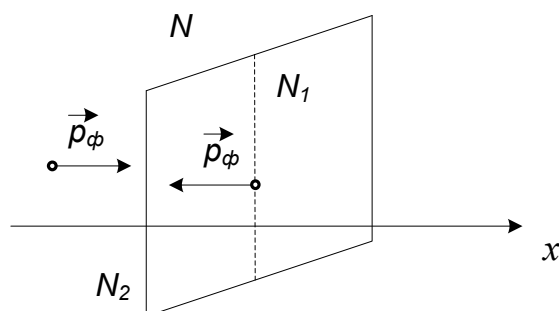


Існування світлового тиску було теоретично обґрунтоване Д. Максвеллом в 1864 році й експериментально було визначено П. Н. Лебедєвим в 1900 році.

Тиск електромагнітного випромінювання, тиск світла — це дія (тиск), цього випромінювання, що падає на поверхню тіла.

11. Показати формули й способи розрахунку тиску, що робить світло на різні тіла. Оцінити величину світлового тиску.

Позначимо: N — число падаючих фотонів; N_1 — число поглинених тілом фотонів; N_2 — число відбитих фотонів; $\rho = N_2/N_1$ — коефіцієнт відбиття світла.



Дзеркальна поверхня

$$\Delta p = p_2 - p_1 = -p_\phi - p_\phi = -2 \cdot p_\phi = -2 mc$$

$$\Delta p_{cm1} = 2 p_\phi = 2 mc = 2 \frac{h\nu}{c^2} c = 2 \frac{h\nu}{c}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{ma}{S} = \frac{m \Delta v}{S \Delta t} = \frac{\Delta p_{cm}}{S \Delta t} = \frac{2 N mc}{S \Delta t}$$

$$\Delta p_\phi = \Delta p_{ногл} + \Delta p_{отр} = N_1 p_\phi + N_2 2 p_\phi = p_\phi (N_1 + 2 N_2) = p_\phi (N_1 + N_2 + N_2) =$$

$$= p_\phi (N + N_2) = p_\phi N \left(1 + \frac{N_2}{N}\right) = p_\phi N (1 + \rho) = N mc (1 + \rho) = \frac{N h\nu}{c} (1 + \rho)$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{\Delta p_{cm}}{S \Delta t} = \frac{N p_\phi}{S \Delta t} = \frac{N h\nu}{S \Delta t \cdot c} (1 + \rho) = \frac{N E_1}{S \Delta t \cdot c} (1 + \rho) = \frac{\Delta E}{S \Delta t \cdot c} (1 + \rho) = \frac{I}{c} (1 + \rho)$$

$$p = \frac{I}{c} (1 + \rho),$$

де $I = \frac{\Delta E}{S \Delta t}$ — інтенсивність світла (випромінювання);

ρ — коефіцієнт відбиття світла,

$\rho = 1$ — повне відбиття світла,

$\rho = 0$ — повне поглинання світла;

$p = \frac{I}{c} (1 + \rho)$ — формула для визначення величини тиску світла (електромагнітного випромінювання) на перешкоду, перпендикулярне йому.

Квантова теорія світла пояснює світловий тиск як результат передачі фотонами свого імпульсу атомам або молекулам речовини.

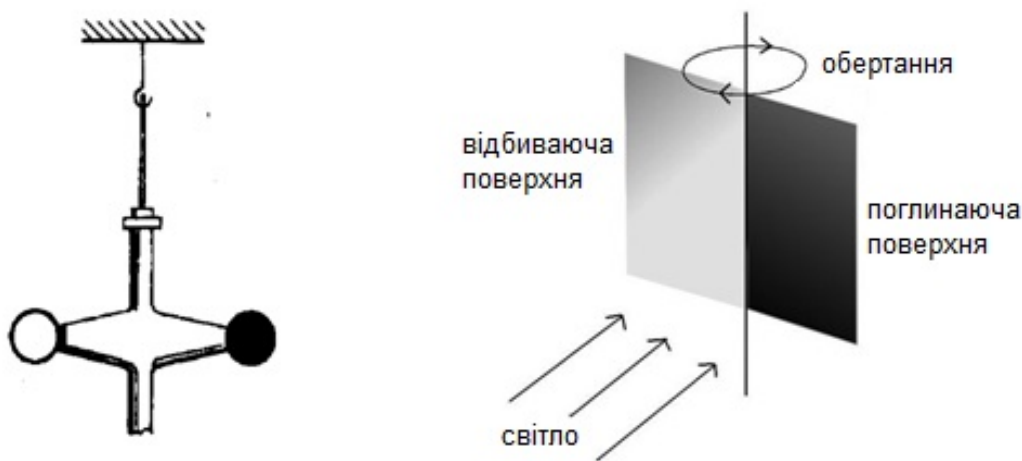
12. Визначили, що величина світлового тиску у звичайних умовах дуже мала $p \approx 4,8 \cdot 10^{-8}$ Н/м². Однак у надрах зірок при температурі кілька десятків мільйонів Кельвін тиск електромагнітного випромінювання досягає величезних значень. Сили світлового тиску поряд із гравітаційними силами відіграють істотну роль у внутрізоряних процесах і інших астрофізичних явищах.

Відзначити, що утворення кометних хвостів поблизу Сонця пояснюється в такий спосіб. Розміри малих часток комети такі, що дія світла й корпускулярного потоку від Сонця на ці частки («сонячний вітер») перевершує дію тяжіння. Внаслідок цього хвости комет завжди спрямовані у бік, протилежний Сонцю, і їхня довжина не скрізь однакова.

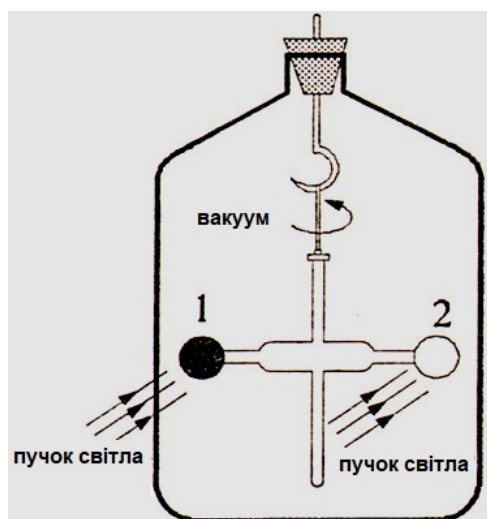
13. Розглянути досвіди Лебедева по виявленню й виміру світлового тиску на тверді тіла. Відзначити труднощі здійснення й унікальність цих досвідів.

Труднощі при проведенні досвідів:

- а) неоднакове нагрівання крилець;
- б) неможливість створити глибокий вакуум;
- в) дуже мала величина світлового тиску.



Освітлена поверхня нагрівалася більше, ніж неосвітлена й зміна імпульсу молекул, відбитих від більше нагрітої поверхні, була більше, ніж при відбитті від менш нагрітої поверхні. У такий спосіб крильце одержувало додатковий імпульс, спрямований у той же бік, що й світловий тиск. На рух крилець сильно впливають також і конвекційні потоки, що виникають внаслідок неоднакового нагрівання крилець і стінок посудини. Ці труднощі були блискуче переборені. Крильця робилися настільки тонкими, що температура обох поверхонь була практично однаковою (товщина їх становила 0,1–0,01 мм)



Щоб зменшити конвекційні потоки, Лебедев брав дуже велику посудину й направляв пучки світла на крильця те з одного, то з іншої боку. Таким чином, сили, що діють на крильця, врівноважувалися.

Для збільшення кута закручування нитки було використано явища резонансу — періодично переривалося освітлення. Пізніше П.Н. Лебедеву вдалося здійснити ще більш тонкий експеримент — виміряти світловий тиск на газу.

Лорд Кельвін: «Ви, можливо знаєте, що я все життя воював з Максвеллом, не визнаючи його світлового тиску, і от ваш Лебедев змусив мене здатися перед його дослідями».

Поява квантової теорії світла дозволило більш просто пояснити причину тиску світла. Фотони мають імпульс. При поглинанні їх тілом вони передають йому свій імпульс.

За виконання серії експериментів з визначення світлового тиску Петро Миколайович Лебедев одержав державну премію з фізики.

14. Для закріплення матеріалу, можливо показати навчальний фільм «Тиск світла».

15. Розібрати рішення якісних завдань на закріплення механізму світлового тиску: завдання №1601(Д) і 1602(Д).

16. Повторити основні, найбільш важкі моменти досліджуваного матеріалу, зробити короткі висновки, відповісти на питання.

Завдання. На поверхню тіла площею 1 м^2 падає за 1 с 10^5 фотонів з довжиною хвилі 500 нм . Визначите світловий тиск, якщо всі фотони відбиваються тілом.

Дано :

$$S = 1 \text{ м}^2$$

$$\Delta t = 1 \text{ с}$$

$$N = 10^5$$

$$\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Знайти

$$p_{\text{дав}} - ?$$

Розв'язання.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{ma}{S} = \frac{m \Delta v}{S \Delta t} = \frac{\Delta p_{cm}}{S \Delta t}$$

$$\Delta p_{cm} = 2 \Delta p_{\phi} = 2 N \Delta p_{\phi 1}$$

$$\Delta p_{\phi 1} = mc = \frac{h\nu}{c}$$

$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu} \quad \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\Delta p_{\phi 1} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{c} \frac{c}{\lambda} = \frac{h}{\lambda}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{\Delta p_{cm}}{S \Delta t} = \frac{2 N h}{S \Delta t \lambda}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{2 N h}{S \Delta t \lambda} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 6,63 \cdot 10^{-34}}{1 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 10^{-7}} = \frac{2 \cdot 6,63 \cdot 10^{-29}}{5 \cdot 10^{-7}} = 2,652 \cdot 10^{-22} \text{ (Па)}$$

Відповідь. Тиск, створений світлом у цьому випадку дорівнює $p = 2,652 \cdot 10^{-22} \text{ Па}$.

Деякі дані біографії Петра Миколайовича Лебедева.



Петро Лебедев народився в 1866 році. У юнацькі роки він захоплювався фізикою, але вступити до університету не мав права, тому що закінчив реальне училище. Через цього Лебедев продовжив навчання в Імператорському московському технічному училищі. В 1887 році, не закінчивши навчання, Петро Лебедев виїхав до Німеччини, де працював під керівництвом відомого фізика Августа Кундта.

В 1899 році Петро Лебедев експериментально довів теоретичне припущення Максвелла про тиск світла на тверді тіла, а в 1907 році — і на газу. Ця робота внесла величезний вклад у розвиток досліджень електромагнітних явищ.

Крім цього, Лебедев займався вивченням хвостів комет і впливу гравітації на перерозподіл зарядів у провідниках.

Петро Лебедев займався й викладацькою діяльністю — саме він став творцем першої в Росії фізичної школи, вплив якої відчувається дотепер. Прожив видатний фізик усього 46 років — він помер в 1912 році через хворе серце.

Висновки

Удосконалювання методики викладання квантової оптики сприяє рішення ряду завдань, серед яких головними є: поглиблення знань учнів, розвиток уявлень про роль оптики в системі знань про природу електромагнітного випромінювання.

Важливість теми, полягає в тім, що сучасна фізика, що викладається в 11 класі на завершальному етапі вивчення фізики, і саме розділи сучасної фізики формують у школярів цілісну картину світу й завершують формування світогляду учнів.

Матеріал цієї теми сприяє активізації пізнавальної й розумової діяльності учнів, підвищує їхній інтерес і успішність у навчанні, сприяє свідомому вибору майбутньої професії.

Матеріал неодноразово використовувався авторами при проведенні уроків фізики й занять факультативу з розглянутої теми в різні роки.

Література

1. Програма «Фізика й Астрономія 10-11» (рівень стандарту та профільний рівень), авторського колективу Національної академії педагогічних наук під керівництвом Ляшенка О.І. Наказ МОН від 24.11.2017 №1539.
2. Програма «Фізика 10-11» (рівень стандарту та профільний рівень), авторського колективу Національної академії наук України під керівництвом Локтева В.М. Наказ МОН від 24.11.2017 №1539.
3. *Джеммер М.* Эволюция понятий квантовой механики. М. : Наука, 1985. М. : Наука. ГРФМЛ, 1985. 384 с.
4. Физика микромира : Маленькая энциклопедия. М. : Советская энциклопедия, 1980. 528 с. Гл. ред. Д.В. Ширков.
5. *Тарасов Л.В.* Современная физика в средней школе. М. : Просв-ие, 1990.
6. *Яровский Б.М.* Основные вопросы современного школьного курса физики. М. : Просвещение, 1990.
7. *Иродов И.Е.* Квантовая физика. Основные законы. Учебное пособие. М. : Бинум. Лаборатория знаний, 2014. 256 с.
8. *Савельев И.В.* Курс общей физики. В 3 томах. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М. : Лань. 2016. 308 с.
9. *Лазарев П.П.* К двадцатипятилетию со дня смерти П.Н. Лебедева. Успехи физических наук, №17, 405 (1937).
10. Музей Оптике, Радиометр Крукса, 2017.
URL: <http://optimus.ifmo.ru/ru/exhibit/6/>

11. Войнов О.Л., Белошапка О.Я. До вивчення явища фотоефекту та його законів у курсі фізики в середніх навчальних закладах. Професіоналізм педагога: теоретичні й методичні аспекти. 2018. №. 7. С. 201–210.
URL: <http://pptma.dn.ua/index.php/uk/arkhiv-vipuskiv/za-2018-rik/vipusk-7-2018/685-do-vivchennya-yavishcha-fotoefektu-ta-jogo-zakoniv-u-kursi-fiziki-v-serednikh-navchalnikh-zakladakh>

Voinov Oleg, Beloshapka Alexander.

Mykolajiv establishment of general secondary education I-III degrees No. 3 of Mykolajiv city council of Slavic district of Donetsk region, Ukraine;
Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Pressure of light and its features. Experience Lebedev

This article discusses the study of light pressure and its application to a physics course in secondary schools. The authors offer material on this topic, which uses unconventional teaching methods to help comprehend and consciously apply this phenomenon. This material can be used when conducting classes in 11th grades, as well as expanding knowledge on this topic in elective classes.

Keywords: *light pressure, light quanta, photons, photoelectric effect, nature of light, wave-particle duality.*

Войнов О.Л., Белошапка О.Я., Лимарева Ю.М.

¹ старший учитель, фахівець вищої категорії, учитель фізики, астрономії та інформатики,
Миколаївський ЗЗСО І-ІІІ ст. №3 Миколаївської міської ради Слов'янського р-ну Донецької обл.

e-mail: bytic2010@gmail.com, ORCID 0000-0002-1082-6565

² старший викладач кафедри фізики, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: kafedrafiziki2018@gmail.com, ORCID 0000-0001-7448-3832

³ кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізики, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: ulialymareva23@gmail.com, ORCID 0000-0002-5828-0231

КОМПТОНОВСЬКЕ РОЗСІЮВАННЯ СВІТЛА ТА ЙОГО ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ РОЗВИТКУ КВАНТОВОЇ ТЕОРІЇ

У даній статті розглядається вивчення ефекту Комптона та його застосування в курсі фізики в середніх навчальних закладів. Автори пропонують матеріал з даної теми, у якому використовуються нетрадиційні методичні прийоми, що допомагають осмисленому та усвідомленому використанню цього явища. Цей матеріал можна застосовувати при проведенні уроків в 11-х класах, а також при розширенні знань з даної теми на факультативних заняттях.

Ключові слова: розсіювання світла, світлові кванти, фотони, фотоефект, природа світла, корпускулярно-хвильовий дуалізм.

Вступ

Вчення про світло є одним з важливих у сучасній фізиці.

Згідно до сучасних подань, світло має подвійну корпускулярно-хвильову природу. В одних явищах світло виявляє властивості хвиль, а в інших — властивості частинок. Хвильові й квантові властивості доповнюють одна одну.

У цей час встановлено, що корпускулярно-хвильова подвійність властивостей притаманні також будь-якій елементарній частці речовини. Наприклад, виявлена дифракція електронів, нейтронів.

Корпускулярно-хвильовий дуалізм є проявом двох форм існування матерії — речовини й поля.

Важливість теми, на нашу думку, полягає в тім, що сучасна фізика викладається в 11 класі — на завершальному етапі вивчення фізики. Отже, саме розділи сучасної фізики формують в учнів цілісну картину світу й завершують формування світогляду учнів.

Серед «штрихів», що «малюють» сучасну картину світу, дуже важливим є поняття корпускулярно-хвильового дуалізму.

Про корпускулярно-хвильовий дуалізм заговорили фізики на початку ХХ ст. Як елементарні «цеглинки», з яких побудована вся матерія, розглядалися три частинки — електрон, протон і фотон.

Фотони виступали «цеглинками» електромагнітного поля, а дуалізм «примиряв» хвильову природу поля з корпускулярною: розглядаючи електромагнітне поле разом із хвильовими, використовували корпускулярні уявлення. З 1916 року А. Ейнштейн увів поняття світлових квантів, а в 1922 року квантову природу світлового випромінювання експериментально довів А. Комптон під час спостереження розсіювання рентгенівського випромінювання в речовині. На основі цього А. Ейнштейн уперше висловив гіпотезу про корпускулярно-хвильовий дуалізм.

Програма з фізики для загальноосвітньої школи містить достатній обсяг знань по оптиці, але значного вдосконалення потребує методика їх викладання, зокрема квантової оптики.

У зв'язку із цим метою даної роботи є вдосконалення методики викладання квантової оптики в 11 класах загальноосвітньої школи та розробки уроків по даній темі.

Основна частина

Тема. Комптонівське розсіювання світла та його значення для розвитку квантової теорії. Ефект Комптона.

Мета. Продовжити формування уявлень про фотон, наданих при вивченні фотоефекта. Розглянути питання про ефект Комптона, що має особливо важливе значення для доказу квантових властивостей світла.

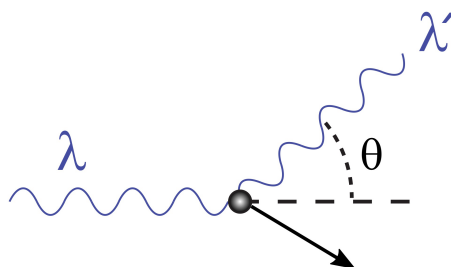
Повторення

1. Повторити явище фотоефекта, пояснення фотоефекта за допомогою квантової теорії і його значення.
2. Повторити які нові уявлення про природу й властивості світла виникли при вивченні явища фотоефекта?
3. Повторити поняття світлового кванта — фотона, основні властивості фотонів, основні характеристики, що описують стан кванта світла.

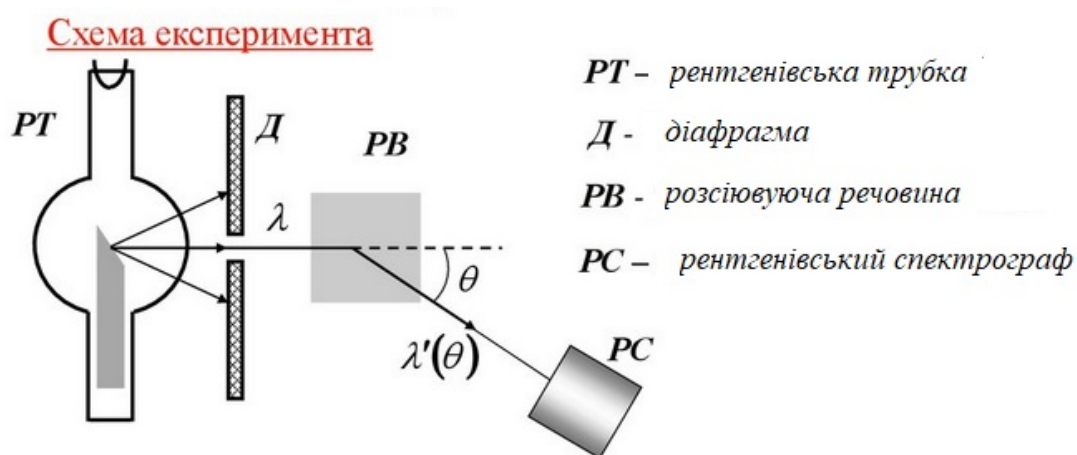
Вивчення нового матеріалу

4. Познакомити учнів з явищем розсіювання світла. Відмітити, що аналіз явища фотоефекта показує: енергетичний обмін між світлом і речовиною носить квантовий характер, це й деякі інші явища приводять до виникнення гіпотези світлових квантів. Але для перетворення гіпотези в теорію її варто перевірити на практиці. Тому важливо розглянути ще один приклад взаємодії світла з речовиною — *явище розсіювання*.
5. Відмітити, що пружне розсіювання електромагнітного випромінювання на вільних або слабо зв'язаних електронах, що супроводжується збільшенням довжини хвилі, називається *ефектом Комптона*.

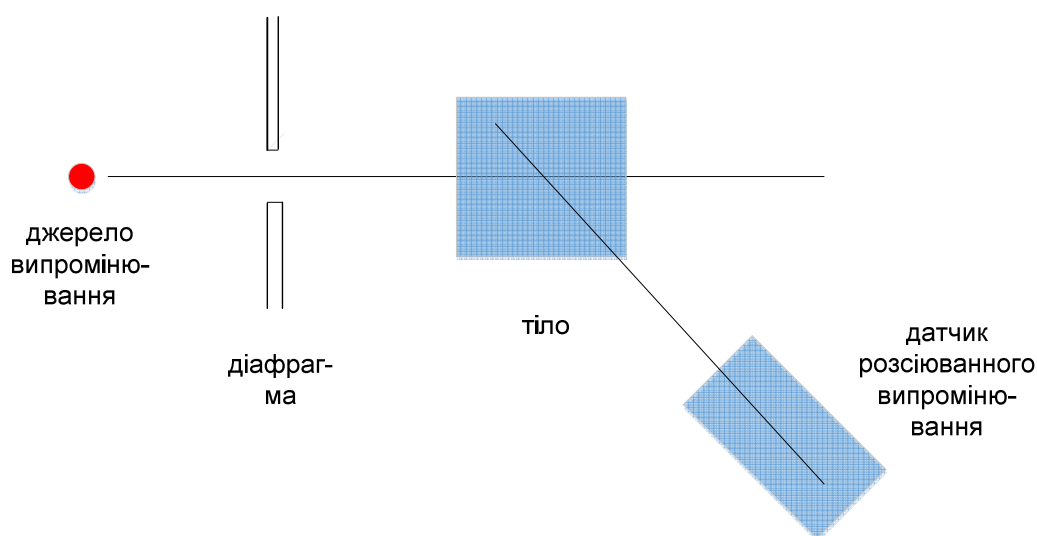
Відкритий в 1922 році американським фізиком Артуром Комптоном (Arthur Holly Compton, 1892 – 1962) при дослідженні розсіювання рентгєнівських променів у парафіні.



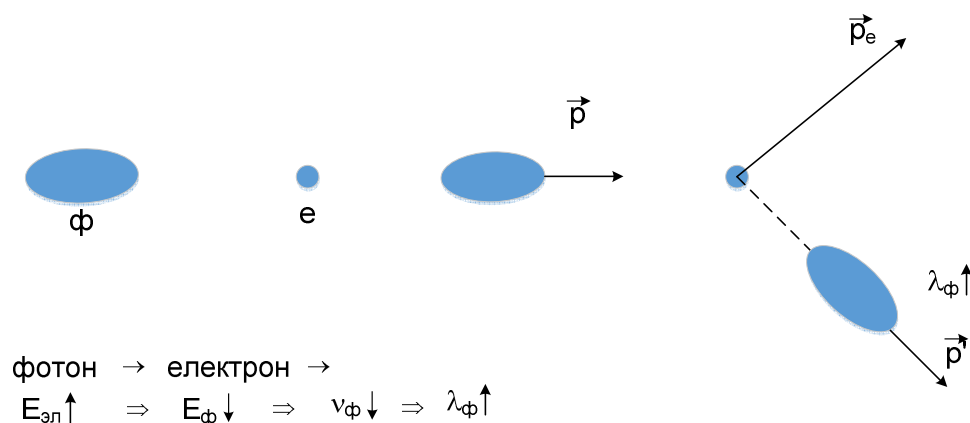
Випромінювання з довжиною хвилі λ має напрямок λ праворуч. Після взаємодії з електроном воно міняє довжину хвилі на λ' а напрямок на кут θ' від початкового напрямку. Стрілкою зазначений напрямок руху електрона, у якого відбулася взаємодія з фотоном.



Схематично дослід можна зобразити в такий спосіб.

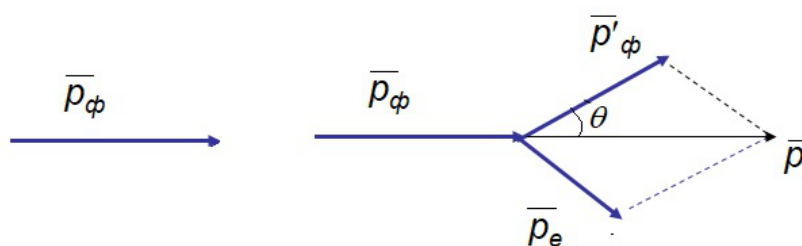


Розглянути який механізм розсіювання електромагнітних хвиль згідно хвильової теорії. Відмітити, що суть його зводиться до наступного: електромагнітна хвиля, падаючи на електрон, збуджує його змуснені коливання, у результаті частинка що коливається, діючи як передавальна антена, випромінює електромагнітну хвилю, це і є розсіюване випромінювання.



Відповідно до хвильової теорії, частота розсіюваного випромінювання повинна збігатися із частотою коливання електрона й, отже, із частотою падаючої хвилі. Цей висновок хвильової теорії підтверджується багатьма досвідченими фактами. Наприклад, розглядаючи своє зображення в дзеркалі ми не помічаємо зміну кольору очей або одягу. Інший приклад, радіохвилі, перш ніж потрапити в приймач, нерідко зазнають багаторазових відбивань від іоносфери, поверхні Землі й т. ін., але зміни довжини хвилі при цьому не спостерігається.

Однак, А. Комптон в 1921 – 1922 р.р. виявив, що при розсіюванні на вільних електронах, довжина хвилі рентгенівського випромінювання збільшується. Оскільки хвильова теорія пояснити цього явища не могла, вчений звернувся до ідей А. Ейнштейна про квантові властивості випромінювання й вирішив з'ясувати, що було б, якби кожний квант енергії рентгенівських променів був зосереджений в окремій частинці та діяв би як ціле на окремий електрон. Як модель взаємодії фотона з електроном Комптон розглянув зіткнення двох бильярдних куль.



Комптон і іншим дослідникам вдалося одночасно з визначенням енергії й напрямку руху розсіяного фотона зафіксувати електрони віддачі, а також виміряти енергію й імпульс, що отримав електрон. Результати цих робіт дозволили зробити висновок про те, що в кожному акті розсіювання строго виконуються закони збереження енергії й імпульсу в релятивістській формі. Згідно із цими законами вони одержали формули для розрахунку зміни довжини хвилі розсіяного випромінювання.

Ефект Комптона можна пояснити, розглядаючи розсіювання як процес *пружного* зіткнення рентгенівських фотонів із практично вільними частинками.

У процесі зіткнення фотон передає електрону частину енергії та імпульсу. При пружному розсіюванні виконується як закон збереження енергії, так і закон збереження імпульсу.

$$p = mc = \frac{h\nu}{c^2} \cdot c = \frac{h\nu}{c} \quad p' = \frac{h\nu'}{c} \quad p_e = m\vartheta$$

$$E_\Phi = E_{\text{ел}} + E'_\Phi \quad h\nu = h\nu' + \frac{m\vartheta^2}{2} \quad (1)$$

$$\vec{p} = \vec{p}' + m\vec{\vartheta} \quad p_e^2 = p^2 + p'^2 - 2 \cdot p \cdot p' \cdot \cos \theta$$

$$(m\vartheta)^2 = \left(\frac{h\nu}{c}\right)^2 + \left(\frac{h\nu'}{c}\right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{h\nu}{c}\right) \cdot \left(\frac{h\nu'}{c}\right) \cdot \cos \theta \quad (2)$$

Вирішуючи спільно рівняння (1) і (2) можна одержати формулу для розрахунку зміни довжини хвилі розсіяного фотона.

$$\nu - \nu' = \frac{h}{mc} \cdot \frac{\nu \cdot \nu'}{c} (1 - \cos \theta)$$

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos \theta) = \frac{h}{mc} \cdot 2 \sin^2 \frac{\theta}{2} = 2 \cdot \frac{h}{mc} \cdot \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

$\lambda_e = \frac{h}{mc} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8} = 2,42 \cdot 10^{-12} \text{ м}$ — комптоновська довжина хвилі для електрона.

З дослідів з розсіювання рентгенівських променів випливає, що елементарна порція електромагнітного випромінювання (фотон) у процесі взаємодії з речовиною неподільна, що фотон із частотою ν завжди має енергію $h\nu$ й імпульс $\frac{h\nu}{c}$.

Ефект Комптона можна вважати прямим доказом існування фотонів.

Ефект Комптона не може спостерігатися у видимій області спектра, оскільки енергія фотонів видимого спектра порівнянна з енергією зв'язку електрона з атомом.

Для спостереження ефекту Комптона необхідне випромінювання дуже високих енергій — рентгенівське або гамма-випромінювання. Ефект Комптона — релятивістський ефект.

Ефект Комптона не вкладається в рамки хвильової теорії, відповідно до якої довжина хвилі при розсіюванні не повинна змінюватися під дією поля світлової хвилі. Виявивши це явище, Комптон пожартував: «Це також дивно, як, якби я одяг зелений светр, а в дзеркалі побачив себе в червоному!»

З формули Комптона випливає:

- зі збільшенням кута розсіювання зростає різниця значень довжин хвиль $\Delta\lambda$, що падають на речовину і тих, що нею розсіюються;
- зі збільшенням кута розсіювання частота розсіюваного випромінювання зменшується в порівнянні із частотою падаючої хвилі;
- максимальна зміна різниці спостерігається при зворотному розсіюванні $\theta = 180^\circ$; $\cos \theta = -1$
- у прямому напрямку розсіюване випромінювання відсутнє $\Delta\lambda = 0$.

Закріплення матеріалу

Основні закономірності ефекту Комптона:

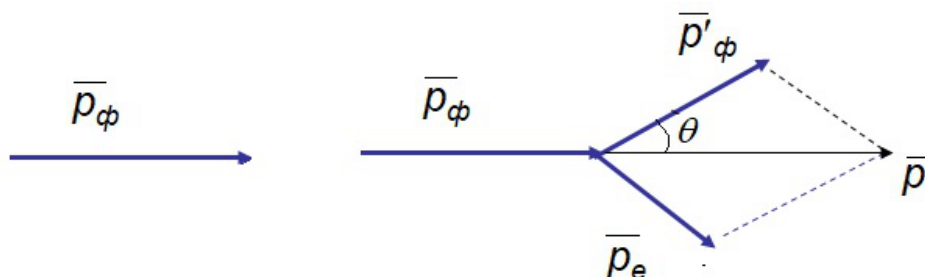
1. ефект Комптона — релятивістський ефект;
2. ефект Комптона неможливо спостерігати у видимій області спектра. Ефект Комптона можливий тільки при розсіюванні речовиною рентгенівського або гама-випромінювання;
3. як ефект Комптона, так і фотоефект зумовлені взаємодією фотонів з електронами. У першому випадку фотон розсіюється, у другому — поглинається. Розсіювання відбувається при взаємодії фотона з вільними електронами, а поглинання (фотоефект) — зі зв'язаними.
4. поглинання фотона вільним електроном неможливо, тому що цей процес суперечив би законам збереження енергії й імпульсу.

За можливістю доцільно розглянути розв'язання декількох завдань на застосування ефекту Комптона, а також відеофрагмент або презентацію з вивчення цього явища.

Завдання 1. *Визначити максимальну зміну довжини хвилі при комптонівському розсіюванні: 1) на вільних електронах; 2) на вільних протонах.*

Розв'язання.

У процесі зіткнення фотон передає електрону частину енергії й імпульсу. При пружному розсіюванні виконується як закон збереження енергії, так і закон збереження імпульсу.



Тому можемо записати

$$(m\nu)^2 = \left(\frac{h\nu}{c}\right)^2 + \left(\frac{h\nu'}{c}\right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{h\nu}{c}\right) \cdot \left(\frac{h\nu'}{c}\right) \cdot \cos \theta$$

$$\nu - \nu' = \frac{h}{mc} \cdot \frac{\nu \cdot \nu'}{c} (1 - \cos \theta)$$

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos \theta) = \frac{h}{mc} \cdot 2 \sin^2 \frac{\theta}{2} = 2 \cdot \frac{h}{mc} \cdot \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

$$\Delta\lambda_{\max} = 2 \cdot \frac{h}{mc} \cdot \sin^2 \frac{\theta}{2} = 2 \cdot \frac{h}{mc} \cdot 1^2 = 2 \cdot \frac{h}{mc}$$

Для електрона $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$

$$\Delta\lambda_{\max 1} = 2 \cdot \frac{h}{mc} = 2 \cdot \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}} = 4,85 \cdot 10^{-12} \text{ м} = 4,85 \text{ нм}$$

Для протона $m = 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

$$\Delta\lambda_{\max 2} = 2 \cdot \frac{h}{mc} = 2 \cdot \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ кг}} = 2,643 \cdot 10^{-15} \text{ м} = 2,64 \text{ фм}$$

Відповідь. $\Delta\lambda_{\max 1} = 4,85 \text{ нм}$, $\Delta\lambda_{\max 2} = 2,64 \text{ фм}$

Завдання 2. Визначити кут θ розсіювання фотона, що зазнав зіткнення з вільним електроном, якщо зміна довжини хвилі $\Delta\lambda$ при розсіюванні дорівнює $3,62$ нм.

Дано

$$m = m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$\Delta\lambda = 3,62 \text{ нм} = 3,62 \cdot 10^{-12} \text{ м}$$

Знайти

θ -?

Застосуємо формулу для розрахунку зміни довжини хвилі при пружному розсіянні фотона, що взаємодіє з вільним електроном.

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos \theta)$$

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc} - \frac{h}{mc} \cdot \cos \theta \quad \frac{h}{mc} \cdot \cos \theta = \frac{h}{mc} - \Delta\lambda \quad \cos \theta = 1 - \Delta\lambda \cdot \frac{mc}{h}$$

$$\theta = \arccos \left(1 - \Delta\lambda \cdot \frac{mc}{h} \right)$$

$$\theta = \arccos \left(1 - 3,62 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}} \right)$$

$$\theta = \arccos(1 - 1,492) \approx \arccos(-0,492) \approx 119,5^\circ \approx 120^\circ$$

Відповідь. Кут розсіювання фотона приблизно $\theta \approx 120^\circ$

Завдання 3. Фотон з енергією $\varepsilon = 0,4 \text{ MeV}$ розсіявся під кутом $\theta = 90^\circ$ на вільному електроні. Визначити енергію ε' розсіяного фотона й кінетичну енергію T електрона віддачі.

Дано

фотон

$$\varepsilon = 0,4 \text{ MeV}$$

$$m = m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$\theta = 90^\circ$$

Знайти

ε' -?

T -?

Застосуємо формулу для розрахунку зміни довжини хвилі при пружному розсіянні фотона, що взаємодіє з вільним електроном.

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos \theta)$$

де $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$ — зміни довжини хвилі фотона при розсіюванні

За законом збереження енергії

$$E_\Phi = E_{\text{ел}} + E'_\Phi$$

$$\varepsilon = T + \vare' \quad T = \varepsilon - \vare' \quad \varepsilon = h\nu = h\frac{c}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda} \quad \vare' = \frac{hc}{\lambda'}$$

$$T = \varepsilon - \vare' = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} = hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'} \right) = hc \frac{\lambda' - \lambda}{\lambda\lambda'} = \frac{hc\Delta\lambda}{\lambda\lambda'} \quad \lambda' = \lambda + \Delta\lambda$$

$$T = \frac{hc\Delta\lambda}{\lambda\lambda'} = \frac{hc \cdot \frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos\theta)}{\lambda \cdot (\lambda + \Delta\lambda)} = \frac{\frac{hc}{\lambda} \cdot \frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos\theta)}{\lambda + \Delta\lambda} = \frac{\varepsilon \cdot \frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos\theta)}{\lambda + \frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos\theta)}$$

$$T = \frac{\varepsilon \cdot \frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos\theta)}{\lambda + \frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos\theta)} = \frac{\varepsilon \cdot \frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos\theta)}{\frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos\theta) + \frac{h}{mc} \cdot \frac{mc}{h} \lambda}$$

$$T = \frac{\varepsilon \cdot \frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos\theta)}{\frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos\theta) + \frac{h}{mc} \cdot \frac{mc}{h} \lambda} = \frac{\varepsilon \cdot (1 - \cos\theta)}{\left((1 - \cos\theta) + \frac{mc}{h} \lambda \right)}$$

$$T = \frac{\varepsilon \cdot (1 - \cos\theta)}{mc \cdot \left(\frac{1}{mc}(1 - \cos\theta) + \frac{1}{h} \lambda \right)} = \frac{\varepsilon \cdot (1 - \cos\theta)}{mc \cdot \left(\frac{1}{mc}(1 - \cos\theta) + \frac{1}{h} \frac{hc}{\varepsilon} \right)}$$

$$T = \frac{\varepsilon \cdot \frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos\theta)}{\frac{h}{mc} \cdot \left((1 - \cos\theta) + \frac{mc}{h} \lambda \right)} = \frac{\varepsilon \cdot (1 - \cos\theta)}{\left((1 - \cos\theta) + \frac{mc}{h} \lambda \right)}$$

$$T = \frac{\varepsilon \cdot (1 - \cos\theta)}{mc \cdot \left(\frac{1}{mc}(1 - \cos\theta) + \frac{1}{h} \lambda \right)} = \frac{\varepsilon \cdot (1 - \cos\theta)}{mc \cdot \left(\frac{1}{mc}(1 - \cos\theta) + \frac{1}{h} \frac{hc}{\varepsilon} \right)}$$

$$T = \frac{\varepsilon \cdot (1 - \cos\theta)}{mc \cdot \left(\frac{c}{\varepsilon} + \frac{1}{mc}(1 - \cos\theta) \right)}$$

Одержали вираз, що дозволяє визначити кінетичну енергію T електрона віддачі

$$\varepsilon = 0,4 \text{ MeV} = 0,4 \cdot 10^6 \text{ eV} = 0,4 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 0,64 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$$

$$\begin{aligned}
T &= \frac{\varepsilon \cdot (1 - \cos \theta)}{mc \cdot \left(\frac{c}{\varepsilon} + \frac{1}{mc} (1 - \cos \theta) \right)} = \\
&= \frac{0,64 \cdot 10^{-13} \cdot (1 - 0)}{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot \left(\frac{3 \cdot 10^8}{0,64 \cdot 10^{-13}} + \frac{1}{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8} (1 - 0) \right)} \\
T &= \frac{0,64 \cdot 10^{-13}}{2,733 \cdot 10^{-22} \cdot \left(\frac{3 \cdot 10^8}{0,64 \cdot 10^{-13}} + \frac{1}{2,733 \cdot 10^{-22}} \right)} \\
T &= \frac{0,64 \cdot 10^{-13}}{2,733 \cdot 10^{-22} \cdot (4,687 \cdot 10^{21} + 3,659 \cdot 10^{21})} \\
T &= \frac{0,64 \cdot 10^{-13}}{2,733 \cdot 10^{-22} \cdot 8,346 \cdot 10^{21}} = \frac{0,64 \cdot 10^{-13}}{2,2809} = 0,2806 \cdot 10^{-13} \text{ Дж} \\
T &= 0,2806 \cdot 10^{-13} \text{ Дж} = 0,2806 \cdot 10^{-13} \cdot \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ eB} = \\
&= \frac{0,2806 \cdot 10^{-13}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ MeB} = 0,1753 \text{ MeB} \\
T &= 0,1753 \text{ MeB} \approx 0,18 \text{ MeB}
\end{aligned}$$

Визначимо енергію ε' розсіяного фотона $\varepsilon = T + \varepsilon' \Rightarrow \varepsilon' = \varepsilon - T$

$$\varepsilon' = \varepsilon - T = 0,40 \text{ MeB} - 0,18 \text{ MeB} = 0,22 \text{ MeB}$$

Відповідь. Кінетична енергія електрона віддачі
 $T = 0,1753 \text{ MeB} \approx 0,18 \text{ MeB}$ й енергія розсіяного фотона $\varepsilon' \approx 0,22 \text{ MeB}$

Завдання 4. Визначити імпульс p електрона віддачі при ефекті Комптона, якщо фотон з енергією, що дорівнює енергії спокою електрона, був розсіяний на кут $\theta = 180^\circ$.

Дано
 фотон
 $\varepsilon = E_{0el} = E_0$
 $m = m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
 $\theta = 90^\circ$
 Знайти
 $p_{el} - ?$

Застосуємо формулу для розрахунку зміни довжини хвилі при пружному розсіянні фотона, що взаємодіє з вільним електроном.

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos \theta)$$

де $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$ — зміни довжини хвилі фотона при розсіюванні

За законом збереження енергії

$$E_{\phi} = E_{e\lambda} + E'_{\phi}$$

За умовою завдання

$$E_0 = E_{0e\lambda} = m_e c^2 = m c^2,$$

де m — маса спокою електрона віддачі

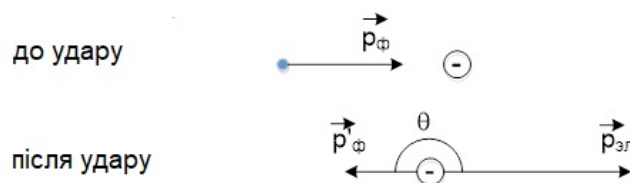
$$E_{\phi} = \varepsilon = h\nu = h \frac{c}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda} \quad E_{\phi} = E_0 \quad \frac{hc}{\lambda} = m c^2 \quad \lambda = \frac{h}{mc}$$

Після розсіюванні фотона, взаємодіючого з вільним електроном, одержимо

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda \quad \lambda' = \lambda + \Delta\lambda \quad \Delta\lambda = \frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos\theta)$$

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos\theta) = \frac{h}{mc} \cdot (1 - \cos 180^\circ) = 2 \cdot \frac{h}{mc}$$

Застосуємо закон збереження імпульсу при пружному розсіюванні фотона після взаємодії з вільним електроном, вважаючи, що $\theta = 180^\circ$, тобто після взаємодії з електроном фотон відлетів у протилежному напрямку.



$$\vec{p}_{\phi} = \vec{p}'_{\phi} + \vec{p}_{e\lambda} \quad p_{\phi} = -p'_{\phi} + p_{e\lambda}$$

$$p_{\phi} = -p'_{\phi} + p_{e\lambda} \quad p_{e\lambda} = p_{\phi} + p'_{\phi}$$

$$p_{\phi} = \frac{h}{\lambda} \quad p'_{\phi} = \frac{h}{\lambda'} \quad \text{з попередніх міркувань } \lambda = \frac{h}{mc} \text{ і } \lambda' = \frac{3h}{mc}$$

$$\text{Тоді одержимо } p_{e\lambda} = p_{\phi} + p'_{\phi} = \frac{h}{\lambda} + \frac{h}{\lambda'} = h \cdot \frac{\lambda' + \lambda}{\lambda \cdot \lambda'}$$

$$p_{e\lambda} = h \cdot \frac{\lambda' + \lambda}{\lambda \cdot \lambda'} = h \cdot \frac{\frac{3h}{mc} + \frac{h}{mc}}{\frac{h}{mc} \cdot \frac{3h}{mc}} = \frac{h^2}{mc} \cdot \frac{(3+1)}{\frac{h^2}{mc} \cdot \frac{h}{mc}} = \frac{4}{3} = \frac{4}{3} \cdot mc$$

$$\text{Одержали } p_{e\lambda} = \frac{4}{3} \cdot mc = \frac{4}{3} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8 = 3,64 \cdot 10^{-22} \left(\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \right)$$

$$\text{Відповідь. Імпульс електрона віддачі } p_{e\lambda} = \frac{4}{3} \cdot mc = 3,64 \cdot 10^{-22} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

Висновки

Удосконалювання методики викладання квантової оптики сприяє рішення низки завдань, серед яких головними є: поглиблення знань учнів, розвиток уявлень про роль оптики в системі знань про природу електромагнітного випромінювання.

Важливість теми, полягає в тім, що сучасна фізика, що викладається в 11 класі на завершальному етапі вивчення фізики, і саме розділи сучасної фізики формують в учнів загальну картину світу й завершують формування світогляду учнів.

Методи квантової фізики широко використовують у фізиці високих енергій, квантовій електроніці, фізиці твердого тіла, сучасній хімії. Квантова фізика є більш високим рівнем пізнання в порівнянні із класичною фізикою. Без вивчення основ квантової фізики уявлення про будову й властивості навколишнього світу будуть неповними й неадекватними сучасному науковому знанню.

Матеріал цієї теми сприяє активізації пізнавальної й розумової діяльності учнів, підвищує їхній інтерес і успішність у навчанні, сприяє свідомому вибору майбутньої професії.

Матеріал неодноразово використовувався авторами при проведенні уроків фізики й занять факультативу з розглянутої теми в різні роки.

Література

1. Програма «Фізика й Астрономія 10-11» (рівень стандарту та профільний рівень), авторського колективу Національної академії педагогічних наук під керівництвом Ляшенка О.І. Наказ МОН від 24.11.2017 № 1539
2. Програма «Фізика 10-11» (рівень стандарту та профільний рівень), авторського колективу Національної академії наук України під керівництвом Локтева В.М. Наказ МОН від 24.11.2017 № 1539
3. *Джеммер М.* Эволюция понятий квантовой механики. М. : Наука, 1985. 384 с.
4. Физика микромира: Маленькая энциклопедия. М. : Советская энциклопедия, 1980. 528 с.
5. *Тарасов Л.В.* Современная физика в средней школе. М. : Просвещение, 1990.
6. *Яровский Б.М.* Основные вопросы современного школьного курса физики. М. : Просвещение, 1990.
7. *Иродов И.Е.* Квантовая физика. Основные законы. Учебное пособие. М. : Бином. Лаборатория знаний, 2014. 256 с.

8. *Савельев И.В.* Курс общей физики. В 3 томах. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М. : Лань, 2016. 308 с.
9. *Compton A.* A Quantum Theory of the Scattering of X-rays by Light Elements, *Physical Review*, 21, 483 (1923).
10. *John E. Carlstrom, Gilbert P. Holder, and Erik D. Reese*, Cosmology with the Sunyaev-Zel'dovich Effect, *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, 40, 643 (2002).
11. *Войнов О.Л., Белошанка О.Я.* До вивчення явища фотоефекту та його законів у курсі фізики в середніх навчальних закладах. Професіоналізм педагога: теоретичні й методичні аспекти. 2018. №. 7. С. 201–210.
URL: <http://pptma.dn.ua/index.php/uk/arkhiv-vipuskiv/za-2018-rik/vipusk-7-2018/685-do-vivchennya-yavishcha-fotoefektu-ta-jogo-zakoniv-u-kursi-fiziki-v-serednikh-navchalnikh-zakladakh>
12. *Шурыгина Л.С.* Об изучении эффекта Комптона. Физика в школе. 1987. №2. С. 32–35.

Voinov Oleg, Beloshapka Alexander, Lymareva Yuliya

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine;

Mykolajiv establishment of general secondary education I-III degrees No. 3 of Mykolajiv city council of Slavic district of Donetsk region, Ukraine;

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Compton diffusion of light and its value for the development of quantum theory

This article discusses the study of the Compton effect and its application to a physics course in secondary schools. The authors offer material on this topic, which uses unconventional teaching methods to help comprehend and consciously apply this phenomenon. This material can be used when conducting classes in 11th grades, as well as expanding knowledge on this topic in elective classes.

Keywords: *light scattering, light quanta, photons, photoelectric effect, nature of light, wave-particle duality.*

Лимарєва Ю.М., Горобець В.В., Турка В.М.

¹ кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізики, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: ulialymareva23@gmail.com, ORCID 0000-0002-5828-0231

² викладач теплоенергетичних дисциплін Курахівської філії Дніпровського Державного технікуму енергетичних та інформаційних технологій

e-mail: gorobetc-74@ukr.net, ORCID 0000-0001-5085-3309

³ викладач фізики вищої категорії Слов'янського енергобудівного технікуму

e-mail: turkavn@gmail.com, ORCID 0000-0001-6445-2223

БАЗОВА ФІЗИКА ЯК ФУНДАМЕНТ ВИВЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИХ ТА ПРОФІЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ ТЕХНІЧНОГО СПРЯМУВАННЯ

Стаття присвячена проблемам поліпшення та вдосконалення підготовки особистості. Проаналізований вплив отриманих базових знань з фізики на якість вивчення загальнотехнічних та профільних дисциплін технікумів в сучасних умовах та вибір форм і методів навчання фізики. Наведений ряд проблем, що виникають в процесі викладання предмету на І-ІІ курсах технікумів за загальноосвітніми програмами. Запропоновані заходи для збільшення якості викладання фізики паралельно з предметами загальнотехнічного циклу.

Ключові слова: *фізика, загальнотехнічні та профільні дисципліни, міжпредметні зв'язки, компетентність, навчальний процес.*

Вступ

Досвід викладання у закладах вищої освіти та державна політика в галузі освіти в Україні, що зумовлює модернізацію вищої технічної освіти, наштовхує на думку про необхідність введення змін в програму для вивчення фізики для студентів технікумів І-ІІ курсів.

Програми з фізики для учнів 7–9 класів мають певний перелік питань, що є обов'язковим для вивчення у загальноосвітніх закладах (з єдиною відмінністю у годинах викладання). Перелік тем, порядок формування ключових компетентностей, умінь, навичок студентів І-ІІ курсів технікумів (10–11 кл. у школі) та, найголовніше, годин вивчення окремих тем, можуть бути індивідуальними. Це залежить від напрямку підготовки молодших спеціалістів.

Проблемам поліпшення та вдосконалення підготовки особистості в поєднанні з ґрунтовною базою загальноосвітніх знань присвячено багато праць вчених різних галузей [1]. Зокрема, докладні дослідження проводилися за такими напрямками: процес навчання загальнотехнічних та спеціальних дисциплін (В. К. Сидоренко, А. А. Пінський, В. В. Шалкін); інтеграційні процеси

в загальній та професійно-технічній освіті (С. У. Гончаренко, Г. С. Кашина, І. М. Козловська, О. В. Сергеев, Г. О. Шатковська), педагогіка професійно-технічної освіти (В. С. Безрукова, Н. В. Кузьміна, М. І. Махмутов); психологія професійної освіти (Л. С. Виготський, П. Я. Гальперін, О. М. Леонтьєв, З. А. Решетова, Н. Ф. Тализіна); основи міжпредметних зв'язків та професійної спрямованості навчання (Н. А. Лошкарьова, В. Н. Максимова, В. І. Паламарчук та ін.)

В роботах науковців недостатньо уваги приділено вивченню навчально-виховного процесу, з фізики зокрема, у закладах вищої освіти I–II рівнів акредитації. Тому, метою роботи є проведення аналізу специфіки організації навчального процесу з фізики у навчальних закладах різних рівнів та дослідження впливу отриманих базових знань з фізики на якість вивчення загальнотехнічних та профільних дисциплін в технікумах, а також обґрунтування вибору форм і методів навчання фізики для збільшення компетентнісного потенціалу предмету.

Основна частина

Під час аналізу процесу навчання зазначаємо, що студенти технікумів, вивчаючи предмети загальноосвітньої підготовки протягом перших двох курсів, отримують атестат про повну загальну середню освіту. Останні два роки вивчають цикли загальнотехнічних та профільних дисциплін та отримують підготовку за спеціальністю, отримуючи диплом молодшого спеціаліста. Навчання студентів у закладах вищої освіти I–II та III рівнів акредитації технічного профілю суттєво відрізняється за цілями та формами. В технікумах до цілей навчання фізики входять, як забезпечення стандарту освіти для загальноосвітніх закладів так і підготовка студентів для вивчення предметів за циклами [2]. Ця відмінність, на сам перед, і піднімає питання до перегляду, що найменш, годин викладання окремих тем та тематику навчальних проектів.

Для реалізації змін, крім відомих в традиційному навчанні принципів (науковість, природодоцільність, послідовність і систематичність, доступність, наочність та ін.) необхідно враховувати наступне:

- інтелектуальність (визначається ідеальний шлях для студента на кожному етапі, ґрунтуючись на алгоритмах і методах навчання);
- послідовність (визначається послідовність навчання на основі профілю);
- стиль (навчальний матеріал і діяльність викладача адаптується до профілю);
- контекст (адаптується навчальна діяльність до контексту студента,

завдання відносяться до галузі або професії студента).

Саме підготовка студентів для вивчення предметів за циклами передбачає ряд особливостей навчального процесу в технікумах.

Система підготовки фахівця в технікумі містить три складові — загальноосвітню, загальнотехнічну і професійну (спеціальну) підготовки. Останню поділяють на теоретичне і практичне навчання й курсове проектування. Фізика вивчається в два етапи. На I–II курсах викладається курс елементарної фізики в циклі загальноосвітніх дисциплін, який регламентується навчальними планами та навчальними програмами. Перегляд навчальних планів різних технікумів виявив, що вивчення фізики відбувається протягом перших трьох семестрів (у різних закладах по-своєму). Різні терміни викладання формують свій список проблем:

- за навчальними планами паралельно можуть вивчатися предмети з загальноосвітнього циклу та загальнотехнічного (II курс). Це унеможливило створити базовий рівень знань для вивчення окремих дисциплін.

- для реалізації вмінь та навичок студентів, стає неможливим участь їх у районних та обласних олімпіадах з фізики.

- наявність у навчальних планах окремих технікумів різних рівнів викладання фізики (стандарту та академічному), що передбачає різну кількість теоретичного матеріалу та лабораторних робіт;

- відсутність підручників (за відповідним рівнем);

- відмінність у системі оцінювання.

- неможливість складання схеми навчального процесу: «Загальноосвітні дисципліни → Загальнотехнічні дисципліни → Спеціальний курс».

Курс фізики тісно пов'язаний міжпредметними зв'язками (на прикладі спеціальності 144 Теплоенергетика), що здійснюються з дисциплінами загальноосвітньої (хімія, біологія, математика), загальнотехнічної (теплотехніка, гідрогазодинаміка, теоретична механіка, матеріалознавство) та професійної (турбіни ТЕС, котельні установки, насоси та ТДУ, обробка води ТЕС, енергозбереження, основи ТТВ) підготовки.

Відображення цих зв'язків обумовлює інтеграцію фізики з іншими дисциплінами на основі наступних положень:

- впровадження різної кількості годин на вивчення окремих тем з фізики загальноосвітньої з урахуванням напрямку підготовки (Теплоенергетика, Будівництво, Комп'ютерна інженерія);

- використання при складанні задач з фізики тематики напрямку підготовки;

- використання тем для індивідуальних (творчих) робіт студентів (ре-

фератів, навчальних проектів, доповідей тощо) специфіки подальшого напрямку підготовки студентів.

В процесі викладання окремих тем з курсу фізики необхідно враховувати «зв'язки за змістом» — використання знань однієї навчальної дисципліни для вирішення завдань іншої.

Втілення таких зв'язків передбачає при проведенні навчальних занять з фізики роботи з розвитку пізнавальної мотивації студентів, а також розв'язання задач політехнічного та виробничого змісту. Придатними є наступні методи реалізації зв'язків у навчальному процесі: нагадування, повідомлення, ілюстрація, конкретизація, а також репродуктивні методи навчання (повторення, порівняння, застосування знань, перенос прийомів), дослідницькі (пошукові, творчі, експериментальні) і проблемні методи (ситуації, питання, завдання) тощо. На рівні форм навчальної діяльності здійснення міжпредметних зв'язків фізики з іншими дисциплінами може бути реалізоване під час: дослідницької діяльності на заняттях; проведення екскурсій на виробництво, до фахових лабораторій та виробничих майстерень; виконання проектів інтегративного характеру в позааудиторний час у межах самостійної роботи.

Не зайвим в процесі вивчення курсу фізики буде впровадження напрямку профілювання, який передбачає групування студентів з урахуванням їх типових особливостей, пов'язаних з вибором майбутньої професії; диференціацію змісту навчального матеріалу з фізики відповідно до обраної професії; диференціацію відповідних форм, методів, прийомів навчання; диференціацію управління навчально-пізнавальною діяльністю студентів; технологізацію навчального процесу шляхом розробки технології навчання на засадах диференціації [3].

Навчання за технічними спеціальностями дозволяє викладачам фізики використовувати додаткові чинники, пов'язані з майбутньою професією. За таких умов завдання викладача фізики полягають у тому, щоб усі види пропонувані видів діяльності були орієнтовані на майбутню професію студента. Організація навчання на засадах профільності передбачає вивчення фізики в умовах технікумів за допомогою матеріалу різного змісту та професійного спрямування. Прикладом цього є можливість при вивченні, наприклад, розділу фізики «Молекулярна фізика і термодинаміка» при розгляданні ізопроесів приводити приклади ґрунтуючись на різновид теплових машин і процесів, що в них відбуваються. При виконанні творчих завдань запровадити можливість виконання макетів різноманітних приладів (ДВЗ, пристрої для підсилення процесу пароутворення або конденсації, прилади для дослідження властивостей електричного струму тощо).

Використовуючи вищеперелічені засоби навчання викладачі фізики мають змогу використовувати форми і методи навчальної роботи, подібні до шкільних, враховуючи при цьому вікові особливості студентів, що зумовлюють необхідність активізувати, стимулювати і заохочувати їх до вивчення фізики. Тому навчання фізики повинно відбуватися з використанням різних форм активізації пізнавальної діяльності, зокрема, із залученням комп'ютерних технологій та групових форм роботи.

Беручи до уваги і той фактор, що студентів до першого курсу технікуму зараховують з різним рівнем підготовки з фізики, що формує відсутність необхідних умінь і навичок пізнавальної діяльності; впливом необ'єктивності оцінювання знань у школі на рівень формування самодисципліни у учнів. Необхідно адекватно, виважено і делікатно провести вхідний контроль знань студентів на початку навчального року.

Процес оцінювання навчальних досягнень студентів з фізики регламентується навчальною програмою, у якій прописані критерії оцінювання навчальних досягнень студентів, види оцінювання, охарактеризовані рівні навчальних досягнень студентів, і це допомагає викладачам проявляти більшу об'єктивність при оцінюванні досягнень студентів. За таких умов важливим постає здійснення індивідуального підходу до навчання студентів фізики.

Висновки

Аналізуючи різний підхід до викладання фізики в школі і технікумах, за умови ідентичності програми (програма з фізики для 10–11 класів), можна зробити висновок, що міжпредметні зв'язки та своєчасне подання матеріалу якісно впливає на процес отримання знань і навичок у вивченні загальнотехнічних та профільних дисциплін технічного напрямку. Системне введення у процес викладання фізики матеріалу профільного навчання дає можливість стимулювати і заохочувати студентів до самостійного вивчення матеріалу.

Розробка профільних задач з фізики за змістом, впровадження профорієнтаційних тематик рефератів та навчальних проектів дають можливість викладачам поліпшити рівень опановування студентами дисциплін профільного циклу. А зміна погодинного навантаження на програму (з урахуванням напрямку підготовки) збільшить рівень підготовки молодших спеціалістів.

Тому, перспективи подальших розвідок полягають у розробці дидактичного забезпечення з фізики з урахуванням специфіки навчальної спеціальності студентів з метою його подальшого впровадження в навчальний процес та успішної реалізації схеми «Загальноосвітні дисципліни → Загальнотехнічні дисципліни → Спеціальний курс» під час роботи зі студентами технікумів.

Література

1. *Кашина Г.С.* Аналіз формування фізико-технічної освіти в процесі навчання студентів автотранспортних коледжів. Наукові записки НДУ ім. М. Гоголя : Психолого-педагогічні науки : [збірник]. Ніжин : НДУ, 2011. Вип. 7. С. 16–20.
2. *Шатковська Г.І.* Науково-методичні засади інтеграції знань з фізики і хімії студентів вищих навчальних закладів І–ІІ рівнів акредитації техніко-технологічного профілю : дис. ... кандидата пед. наук : 13.00.02 / Шатковська Галина Іванівна. К., 2007. 247 с.
3. *Колечинцева Т.С.* Диференційований підхід до контролю і оцінювання навчальних досягнень з фізики учнів 8-х класів загальноосвітніх шкіл : дис. ... кандидата пед. наук : 13.00.02 / Колечинцева Тетяна Сергіївна. Київ, 2009. 272 с.
4. *Майборода В.К.* Вища педагогічна освіта в Україні: історія, досвід, уроки (1917-1985 рр.) / за ред. В. І. Лугового. Київ : Либідь, 1992. 196 с.
5. Удосконалення підготовки вчителя загальнотехнічних дисциплін : монографія / Д. О. Тхоржевський, В. І. Андріяшин, Т. М. Антонів та ін. / за ред. Д. О. Тхоржевського. Київ : КДПІ, 1992. 72 с.
6. Закон України «Про вищу освіту» (прийнятий 17.01.2002 р. № 2984 – III).

Lymareva Yuliya N., Gorobets Victoriya V., Turka Viktor N.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine

Kurakhivska brunch Dniprovskiy State technical school of energy and informational technologies, Kurakhove, Ukraine

Sloviansk Power-Building Technical School, Sloviansk, Ukraine

Basic physics as a foundation for the study of general technical and profile disciplines in educational institutions of higher technical education.

The article is devoted to the problems of improving and perfecting the training of the individual. The influence of the received basic knowledge on physics on quality of studying of general technical and profile disciplines of technical schools in modern conditions and a choice of forms and methods of training of physics is analyzed. A number of problems that arise in the process of teaching the subject in the I-II courses of technical schools in general education programs are presented. Measures are proposed to increase the quality of teaching physics in parallel with the subjects of the general technical cycle

Keywords: *physics, general technical and profile disciplines, interdisciplinary connections, competence, educational process.*

¹ кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізики, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: ulialymareva23@gmail.com, ORCID 0000-0002-5828-0231

² студентка 1 курсу магістратури фізико-математичного факультету, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: sidinalera@ukr.net, ORCID 0000-0003-4973-6329

ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ В УМОВАХ ЗМІШАНОГО НАВЧАННЯ

Стаття присвячена можливості вивчення шкільного курсу фізики за умов змішаного навчання. В аспекті змістового розгляду основних його складових (віддаленої підготовки та очного навчання) розглянуто можливості їх інтеграції. Розкрито переваги кожного з компонентів у забезпеченні цілісності навчального процесу учнів з фізики у закладах загальної середньої освіти.

Ключові слова: *змішане навчання, дистанційна освіта, корпоративні платформи, навчальний процес, програмне забезпечення.*

Вступ

Засвоєнню учнями необхідного навчального матеріалу, формуванню їх наукового уявлення про фізичні процеси та явища, зміцненню знань сприяють засоби навчання фізики. За допомогою різних засобів навчання фізики вчитель має змогу підтримувати інтерес до науки, стимулює учнів до самостійного опанування предмету та реалізує інформаційні функції. Засобами навчання у фізиці є матеріальні об'єкти, які розв'язують основні завдання та відіграють роль посередника між вчителем та учнями. В наш час ми вже не уявляємо свого життя без інформаційних технологій, цифрового середовища та їх використання. Майже 100% учнів зараз користуються різними видами гаджетів, що зазвичай заважає продуктивному освітньому процесу. Та чому б не використовувати їх в освітньому процесі? Так, за допомогою багатьох програмних забезпечень, корпоративних платформ, меседжерів та онлайн-конструкторів можна не тільки якісно організувати навчальний процес, але й значною мірою урізноманітнити його.

Тому, за **мету** дослідження ставимо окреслення максимально доцільних та виправданих способів організації змішаного навчання в аспекті реалізації вимог до продуктивного функціонування сучасного освітнього простору.

Основна частина

Фізика є фундаментальною наукою, яка вивчає загальні закономірності природних явищ, закладає основи розуміння світу та дає загальне обґрунтування природничо-наукової картини світу.

Сучасна фізика, стала невід'ємною складовою загальної культури високотехнологічного інформаційного суспільства. Навчання фізики спрямовано на досягнення загальної мети базової загальної середньої освіти, яка допомагає розвивати та соціалізувати особистості учнів, формувати їх національну самосвідомість, загальну культуру, творчі здібності, дослідницькі навички та навички життєзабезпечення.

Стрімкий розвиток комп'ютерного забезпечення, застосування його в усіх галузях, повсякденному житті, можливість сучасної комп'ютерної техніки, демонструвати та обробляти будь-яку необхідну інформацію зумовило використання комп'ютерів в освітній діяльності.

Це призводить до необхідності заміни авторитарної системи управління навчальною аудиторією асинхронним видом навчання.

Розвиток комп'ютерних технологій став дуже перспективною платформою для розвитку сучасної системи дистанційної освіти, електронного навчання, мобільного навчання, які зараз ефективно використовують як форми навчання.

У зв'язку з розвитком електронного навчання сформувався новий напрям — змішане навчання (ЗН). Відповідно до цього розробляються засоби навчання, які об'єднують у собі інструменти адміністрування, комунікацій, оцінки знань, розробки навчальних курсів. У зв'язку з цим дистанційне навчання перемістилося на робоче місце. Електронне навчання стало більш орієнтованим на одержання конкретних знань. Традиційні технології частково поступилися місцем інтерактивним.

Використання дистанційного навчання свідчить, що інтеграція традиційної системи освіти з елементами електронного навчання, його використання та реалізація змішаного навчання є найбільш ефективним. Змішане навчання поєднує у собі: інтеграцію навчання в групах, самостійне навчання, яке здійснюється як в аудиторіях, так і в режимі онлайн, допомагає учню отримати свій «навчальний досвід». При змішаному навчанні теорія, яку учень повинен опрацювати онлайн (самостійне вивчення матеріалів, перегляд відео, перегляд відеозапису лекцій вчителя), знаходять застосування офлайн (тобто у приміщенні освітнього закладу під час уроків). Всі види активностей та заняття, що відбуваються в закладі мають поєднувати практичні заняття (закріплення знань) та здобуті знання учнем при самостійній роботі онлайн.

Найефективнішими формами навчання учнів, які мають практичне спрямування, є виконання лабораторних робіт та вирішування фізичних задач. Змішане навчання дає можливість сформувати всі необхідні наукові компетентності здобувачів освіти.

Які саме програмні забезпечення допомагають вивчати фізику при змішаному навчанні? Насправді зараз є безліч програм, сайтів, освітніх платформ для вивчення фізики та проведення необхідних занять. Розглянемо ті, які з легкістю зможуть опанувати учні середньої та старшої школи.

Корпоративна платформа Microsoft Teams, наприклад, дає змогу викладати необхідний матеріал для самостійного вивчення, презентацій, таблиць та відео. Проводити конференції з декількома або з одним учнем.

У наш час найпоширенішим способом оперативного контролю вивченого матеріалу є тести. Вони складають блок запитань та коротких задач, об'єднаних однією темою. Тести ефективні, якщо їх застосовувати в системі програмованого контролю. Для проведення таких уроків з фізики використовується конструктор тестів Quizzy — це проста програма для створення та редагування тестів, яка дозволяє перевірити засвоєний учнями матеріал, а вчителю своєчасно контролювати та слідкувати за ходом виконання всіх завдань. За допомогою саме цих засобів навчання у фізиці вчитель реалізує інформаційну функцію, зацікавлює учнів та підтримує пізнавальний інтерес до науки. Ці технічні засоби навчання оптимізують ефективність навчального процесу.

Окрім того введення в навчальний процес елементів дистанційної освіти створює умови для:

- навчання в психологічно комфортній, звичній для учня обстановці,
- встановлення гнучких термінів та індивідуального темпу навчання,
- надання учневі значної самостійності поряд з можливістю в потрібний момент отримати допомогу від учителя.

На основі вище зазначеного розглянемо основні можливості продуктивної організації змішаного навчання в сучасному освітньому просторі з точки зору двох її основних структурних компонент: віддаленої підготовки та очного навчання.

Віддалена підготовка:

– *Домашнє тестування, самоперевірка, самонавчання:* має на меті самоконтроль особистістю рівня засвоєння навчального матеріалу. Тести типу «На урок», запропоновані в мережі, передбачають встановлення рівня компетентності учня на стандартному рівні, забезпечує можливість повторного проходження тестування, отримання «неупередженої» оцінки, а також, що важливо для організації самоосвіти, можливість доступу до правильних відповідей з подальшим самостійним їх порівнянням та аналізом із власними.

– *Робота з додатковими джерелами інформації:* підготовка міні-доповідей, доповідей, повідомлень, рефератів і т. ін.

Наприклад, при вивченні теми «Способи реєстрації заряджених частинок» можна запропонувати учням підготувати міні-повідомлення або короткий огляд кожного із методів керуючись у підготовці відео-уроками проведення дослідів на сайті YouTube та іншими електронними джерелами інформації (підручники, статті та ін.). При цьому важливо окреслити для учнів принципові аспекти, що мають бути висвітлені у повідомленні (обладнання, будова, принцип дії, засвоєння орієнтувальної основи діяльності).

- *Підготовка до лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму*: перегляд лабораторних робіт онлайн, демонстрація дослідів у прямому ефірі, записи дослідів, можливість відтворити усі експерименти після майстер-класів, ознайомлення з варіантами виконання дослідів, їх теоретичною основою та ін.

- *Формування основ експериментальних умінь та навичок учнів* при підготовці до виконання реальних фронтальних лабораторних робіт: за допомогою комп'ютерних тренажерів та з використанням інтерактивних моделей робіт та відео-фрагментів їх виконання.

- *Виконання віртуальних аналогів лабораторних робіт* в умовах дистанційного навчання або під час виконання варіативної частини роботи, збагачення методичного апарату виконання фронтальних лабораторних робіт. Використання як в цілому, так і окремих фрагментів віртуальних лабораторних робіт.

- *Організація з виконання домашнього та додаткового експериментів*: ІКТ виступає «відео-основою» для самостійного (за вимогою вчителя або за власною ініціативою) добору, спостереження, виконання, пояснення дослідів та використання отриманих результатів та навичок експериментальної діяльності.

- *Пошук відповідей* на «цікаві», «проблемні» побутові (професійно спрямовані, зі сфер діяльності людини) запитання: формування у такий спосіб методологічних знань, розвиток практичних умінь і навичок, експериментаторської культури.

- *Конференції*: елемент взаємонавчання та віддаленого спілкування учнів — єдине велике домашнє завдання, запропоноване на короткий час, може бути розподілене між учасниками. Для засвоєння матеріалу кожним із них має бути організований обмін інформацією. Така робота здійснюється через перегляд створених презентацій, проведення групових відео чатів та дискусій. У такий спосіб відбувається обмін елементами домашнього завдання (з усім поясненням).

- *Консультації*: проведення індивідуальних та групових спілкувань у визначений час за обраною темою.
- *Моделювання фізичних процесів* з метою детальнішого вивчення їх окремих аспектів.
- *Розширення інформаційної підтримки*: необмежений доступ до прикладів і пояснень вирішення фізичних задач за темою та практичного застосування навчального матеріалу.

Очне навчання:

- *Проведення поточного оцінювання*: короткочасні тестові завдання на кожний урок, які виконуються в реальному часі та дають змогу вчителю бачити необхідну інформацію для виставлення оцінок, а саме: присутність учнів, кількість спроб проходження тесту, час проходження кожного питання та всього тесту, а також самостійність виконання завдання.
- *Підсумкове оцінювання* проводиться на основі всіх проведених форм навчання: тестів, практичних та лабораторних робіт (фото, скан-копії), усних групових та індивідуальних, відео-уроків, що можуть стати елементами перевіркової роботи. Наприклад, у перевірочних завданнях різних рівнів складності ці матеріали можуть стати основою для створення завдань типу «обірваний дослід» або «відновлення послідовності ...».
- *Обробка даних лабораторних робіт*, проведення складних математичних обчислень, побудова графіків залежності фізичних величин із різним ступенем точності.
- *Перевірка на достовірність результатів* вирішення окремих практичних задач або отриманих результатів лабораторних робіт.
- *Проведення лабораторних робіт*, що містять речовини небезпечні для життя та здоров'я та тих, що раніше передбачали лише теоретичне ознайомлення. ІКТ забезпечує можливість спостереження та віртуального проведення, здійснення вимірів для подальшої самостійної обробки результатів.
- *Перегляд фізичних експериментів*, що вимагають використання складного обладнання та/або тривалого виконання, у вигляді презентацій та відео дають змогу опрацювання необхідного фізичного матеріалу у скорочений час.
- *Забезпечення можливості індивідуального та групового виконання фронтальних лабораторних робіт*, а також їх поєднання. Наприклад, «Вивчення залежності опору провідника від геометричних розмірів»: по групах або індивідуально в межах групи відбувається ознайомлення з ходом виконання частини роботи, а саме: дослідження опору від (довжини, перерізу або матеріалу провідника), після чого окремі частини роботи і діяльність учнів поєднуються.

Висновки

Враховуючи державні стандарти загальної середньої освіти, освітні програми, обсяг навчального навантаження, очікувані результати навчання здобувачів освіти, а також сучасні умови організації освітнього процесу, зазначимо необхідні освітні компоненти для переорієнтації процесу вивчення фізики до змішаного навчання:

- зміна філософії та культури освітнього закладу;
- професійний розвиток викладацького складу;
- свідоме сприйняття реорганізації освітнього процесу та її можливостей;
- оволодіння навичками використання інтерактивних цифрових систем, які забезпечують учасників навчального процесу всіма необхідними даними в режимі реального часу;
- належна технологічна підтримка для здійснення навчання в цифрових середовищах.

Необхідність змішаного навчання обумовлена різними факторами, що впливають і на освітній процес в цілому. Серед них: потреба в інтерактивній взаємодії учнів і викладачів; реалізація програм інклюзивної освіти; виконання проектів і дослідницьких робіт; робота з обдарованими дітьми (індивідуальні додаткові завдання підвищеного рівня); захоплюючі завдання з метою повторення, зацікавлення та підтримки мотивації навчання (кросворди, ребуси та ін.).

Дистанційна частина навчального процесу забезпечує взаємодію вчителя та учнів на відстані завдяки засобам інформаційних та комунікаційних технологій. Вона дозволяє реалізовувати навчальні цілі, застосовувати педагогічні методи, використовувати різні форми віддаленої організації навчального процесу.

Сучасні віртуальні лабораторії з фізики та інші програмні засоби навчання орієнтовані на забезпечення традиційних методів та прийомів навчання у відповідності з документами, що регламентують зміст освіти.

Незважаючи на те що, перехід від класно-урочного до змішаного навчання можливий при дотриманні багатьох умов, необхідність цих кроків є очевидною.

Проблема вимагає подальшого дослідження та виваженого проектування змішаного навчання на навчальний процес з урахуванням специфіки викладання окремих дисциплін, з метою ефективної організації інтегрованих занять. Тому, перспективи подальших розвідок бачимо у спробі привести програми різних дисциплін у відповідність одна одній та впровадити у навчальний процес через змішане навчання.

Література

1. Біда Д.Д. Інтерактивні уроки фізики. Х. : Основа, 2005. 96 с.
2. Горбачева А.В. Дистанционное образование – технология обучения XXI века. *Nastoleni moderni vedy – 2007* // *Materialy VI mezinárodní vědecko-praktická conference «Nastoleni moderni vedy – 2007»* (1 – 15 zari 2007 roku) – Dil 4. Pedagogika. Filologické vedy. Psychologie a sociologie / Publishing House Education and Science s.r.o. – Praha. : 2007. С. 3–5.
3. Забара О. Психолого-педагогічні особливості використання віртуального експерименту у процесі виконання фізичного практикуму.
URL: <http://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/NZ-PMFMTO/article/view-File/649/584>
4. Лимарєва Ю.М., Сисоєв В.Р. Використання віртуального експерименту у навчальному процесі з фізики / *Materiály XIV Mezinárodní vědecko – praktická konference , «Věda a vznik – 2018»* , по *Pedagogické vědy. Volume 7*, Praha Publishing House «Education and Science» 2018, С. 3–6.
5. Подалов М. Использование принципа наглядности в формировании исследовательской компетенции. Наукові записки. Випуск 4. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2013. С. 78–81.
6. Савгура С.М. Використання ІКТ на уроках фізики. Фізика в школах України. Основа, 2010, № 18, С. 25–34.

Lymareva Yuliya N., Sidina Valeria A.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Study of physics in conditions of mixed learning

The article is devoted to the process of teaching Physics school course in terms of mixed education. It describes the content of mixed education main components (distance learning and face-to-face learning) and the possibility of their integration. Besides, it reveals the advantages of each component in providing the educational process integrity of Physics students in general secondary educational institutions.

Keywords: *mixed learning, distance education, corporate platforms, educational process, software.*

¹ кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізики, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: ulialymareva23@gmail.com, ORCID 0000-0002-5828-0231

² студентка 1 курсу магістратури фізико-математичного факультету, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: werkesska@gmail.com, ORCID 0000-0003-4973-6329

ТІЛА ОБЕРТАННЯ У ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ

Стаття присвячена вирішенню проблеми інтеграції фізики та математики на рівні застосування стереометричних об'єктів (тіл обертання) та їх властивостей під час вивчення фізики. Доведено природність зазначених об'єктів та практичну доцільність їх вивчення. Розглянуто приклади задач, що спираються на пряме застосування математичних відомостей про тіла обертання при вивченні фізики.

Ключові слова: *фізична задача, тіло обертання, куля, циліндр, конус, навчальний процес, моделювання, властивість, практичність.*

Вступ

Сучасне життя насичене стрімкими змінами, які відбуваються в галузях виробництва, економіки, комунікацій, викликані розвитком та впровадженням новітніх технологій. Тому для людини важливою є здатність бути мобільною та швидко орієнтуватися, вміти бачити проблему, чітко формулювати завдання, всебічно підходити до її розв'язування, здобувати необхідну інформацію тощо.

Вибір теми даної статті обумовлений тим, що для учнів найскладнішими є просторове бачення взагалі і особливо пов'язані з тілами обертання, математичні та фізичні задачі, а її актуальність полягає у комплексному вирішенні проблеми формування навичок свідомого підходу особистості до вивчення фізико-математичних дисциплін, усвідомлення їх єдності та практичності.

Вивчення та розуміння властивостей геометричних тіл сприяє кращому, детальнішому та глибшому вивченню навколишнього світу на основі задач, у яких вони виступають засобом моделювання об'єктів Всесвіту, а також повноцінному формуванню особистості, оскільки основними завданнями навчання є:

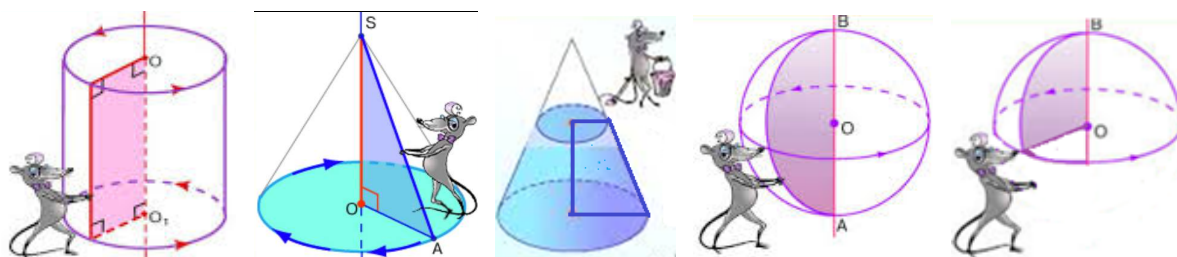
- розвиток образного, зокрема просторового, мислення;
- розвиток логічного мислення;
- формування розуміння співвідношень між геометричними об'єктами та об'єктами реального світу,
- вміння застосовувати ці знання для розв'язування практичних задач.

Виходячи із зазначеного вище, **метою** статті є висвітлення практичної доцільності вивчення тіл обертання та їх значущості для розуміння фізики, як природничої науки.

Основна частина

Вивчення тіл обертання у математиці зазвичай не викликає надмірної зацікавленості учнів. Причиною тому є складнощі з просторовими уявленням, складним математичним апаратом та відсутністю чітких уявлень практичного застосування знань та, відповідно, необхідності вивчення матеріалу. Між тим, тема є досить цікавою, наочною та відображеною у природі, мистецтві, побуті та різних сферах практичної діяльності людини.

Найпростіші тіла обертання, з якими знайомляться учні: циліндр, конус, зрізаний конус, куля та півкуля. Основні їх властивості учні вивчають в курсі математики старшої школи, де й оглядово отримують базові знання про їх природність та практичність



Досвід показує, що незмінною основою вивчення тіл обертання має бути практичність, природність та пізнаваність. Тому в нагоді стає знайомство з аналогічними за формою тілами природнього походження або тими, що є результатом практичного моделювання у різних сферах діяльності, а також відомості засновані на цікавих фактах про них. Наприклад:

– **Кулю** не випадково піфагорійці вважали кулю найвишуканішою просторовою фігурою.

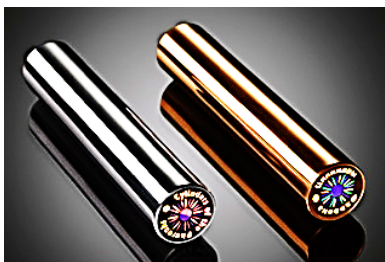


На диво, масивні тіла приймають форму кулі: Сонце, Зорі, Земля, Місяць. Усі планети та їхні великі супутники кулясті, завдяки дії їхньої власної гравітації, що прагне дати їм саме форму кулі. Якщо навіть якась сила надасть Землі форму валізи, то по закінченні її дії сила тяжіння знову почне збирати її в кулю, «втягуючи» виступаючі частини, поки вся її поверхня не встановиться (не стабілізується) на рівній відстані від центру.

Побут та виробництво переповнені кулястими тілами. Починаючи від мильних бульбашок, крапель та м'яча й закінчуючи обсерваторіями та планетаріями. Найпростіша деталь автомобіля – підшипник – має також кульову

форму, яка дуже поширена в техніці. І це не випадково, бо саме куля зазнає найменшого тертя під час роботи підшипників.

– **Циліндри** є складовими частинами багатьох машин і механізмів на виробництвах та у побуті (ДВС, гідравлічні преси, циліндричні конденсатори, ємності для рідини, лампи денного світла, газорозрядні трубки, капіляри, водорозподільні та опалювальні труби, шланги, склянки, пробірки, мензурки, цвяхи, пляшки, шини і т. ін.); паперові та текстильні вироби також зберігаються у вигляді циліндрів.



Цікавими для загальної обізнаності школярів можуть стати Циліндри Фараона, що вже тисячі років не піддаються науковому поясненню. Вони виготовлені з міді й цинку та мають особливе внутрішнє наповнення. Результати дослідження циліндрів свідчать про дивовижні їх властивості бла-

готворно впливати на організм людини, а тому можуть вважатися унікальним фізіотерапевтичним приладом, що здатний захищати від впливу випромінювань різних електронних пристроїв – мікрохвильових печей, телевізорів, персональних комп'ютерів і т. ін.

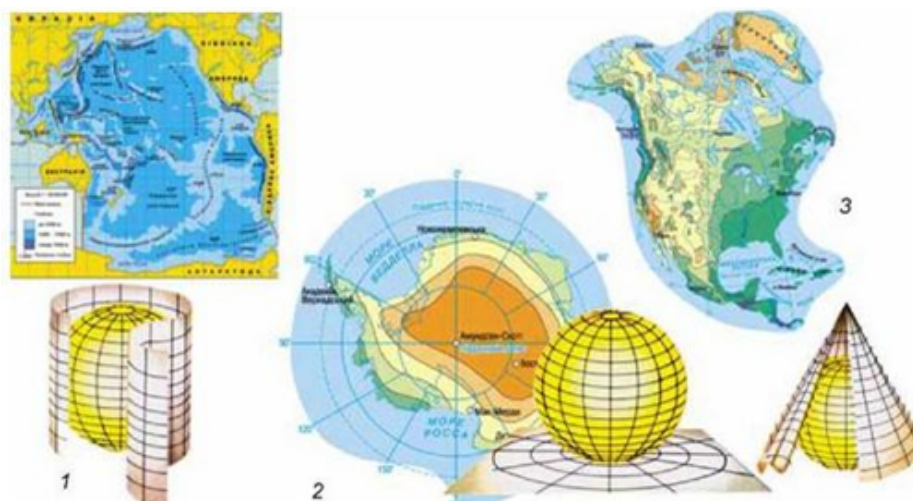
– **Конус** створений природою — це гори, пагорби, вулкани; у побуті — відро, мірна склянка, склянка; на виробництві — опори, елементи підшипників, верхня частина нафтохранищ та ще багато чого у різних сферах діяльності людини.



Сипучі матеріали в природі також часто набувають форми конуса. І, на диво, ці конуси завжди мають цілком певний кут нахилу твірної до площини Землі — так званий кут природнього скосу. До того ж, у кожного сипучого матеріалу він свій та сталий. Наприклад, для картоплі він становить 45° , вугілля – 42° , ґрунту – 40° , глини – 30° , піску – 25° ,

щебню – 33° . Окрім того, цікаво, що в житті користуються не довжиною твірної, а довжиною перекиду (двох твірних), яку виміряти значно легше.

Прикладом комплексного використання тіл обертання може бути їх застосування як основи для створення картографічних проекцій: циліндричної, конічної, сферичної (азимутальної), що доводить необхідність розуміння властивостей зазначених об'єктів.

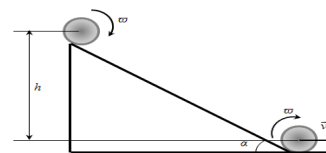
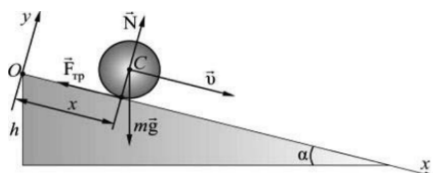
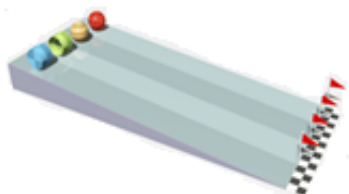


Типи проєкцій: циліндрична (1), азимутальна (2), конічна (3).

Саме основні з тіл обертання (куля, циліндр, конус) та їхні властивості доводиться частіше за все використовувати й при вивченні фізики. Тіла обертання при цьому беруть участь переважно у два способи. А саме, виступають безпосередніми учасниками або забезпечують можливості фізичного моделювання. Розглянемо їх на прикладах:

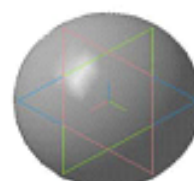
1. **Виступають безпосередніми учасниками:** саме з ними відбуваються якісь дії або проводяться дослідження за певних умов і т. ін. Наприклад:

– Гладкою похилою площиною скочуються кулі та циліндри (порожністі та однорідні) однакової маси. Яке з тіл скотиться швидше?



– Порівняйте повні кінетичні енергії циліндра та кулі з однаковими радіусами, що скочуються без початкової швидкості з похилої площини відомої висоти та нахилу, наприкінці руху.

– Циліндр, куля, зрізаний конус та конус вкривають сріблом за допомогою електролізу. Радіуси основи тіл та їх висота дорівнюють радіусу кулі.



Визначте та порівняйте:

А) витрати часу для отримання шару срібла у 2 мкм на кожному тілі;
 Б) витрати срібла для отримання такого шару покриття на кожному тілі та загальну вартість речовини, якщо відома ціна за 1 мг;

В) Струм, що забезпечить отримання шару речовини за визначений час на кожному тілі та вцілому за процес;

Г) шар речовини на кожному тілі, якщо час електролізу та струм відомі;

Д) встановіть який процес економічно вигідніший.

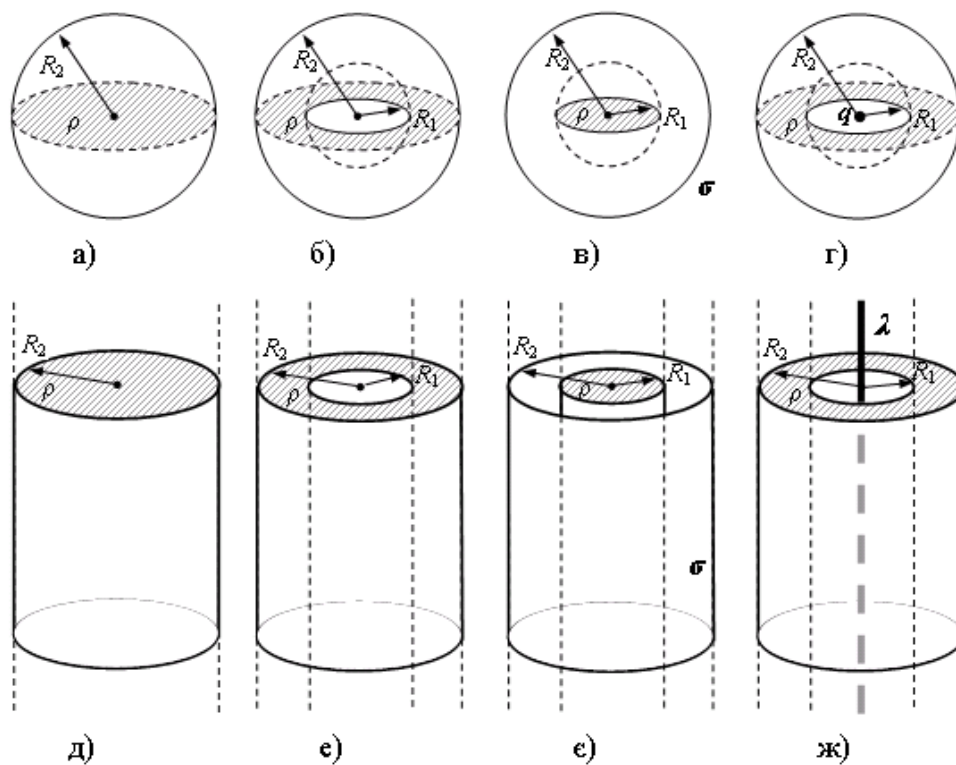
– Маючи циліндр, півкулю, зрізаний конус та конус однакової висоти та площі основи дослідіть залежність стійкості тіла від положення центра мас;

– Маючи циліндр, зрізаний конус та конус однакової площі основи та маси дослідіть залежність стійкості тіла від положення центра мас;

– Маючи циліндр, півкулю, зрізаний конус та конус однакової висоти та площі основи дослідіть залежність сили, що потрібна для перевертання тіла, від положення центра мас та маси тіл.

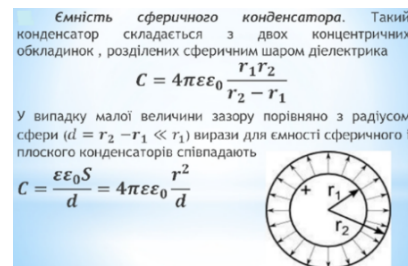
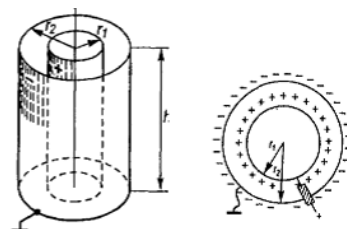
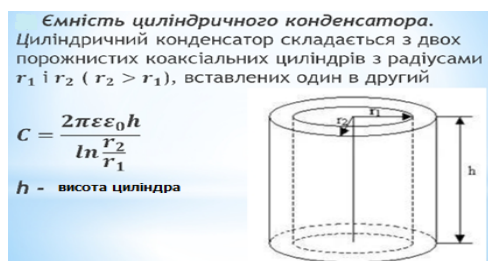
– Розрахунково-графічна робота: «Електричне поле зарядів у вакуумі».

Електричне поле створюється у вакуумі (діелектрична проникність $\varepsilon = 1$) зарядом, який розподілений у різний спосіб з відомою лінійною, поверхневою, об'ємною густиною або містить точковий заряд.



Дослідити розподіл напруженості електричного поля $E(r)$ та потенціалу $\varphi(r)$ зарядженого тіла в кожному випадку.

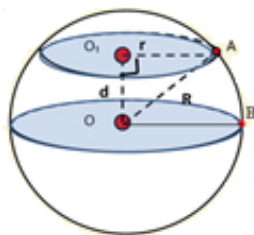
– Вивчення різних типів конденсаторів (циліндричних, сферичних): їх будови, принципу роботи та визначення електроємності.



Зазначені приклади завдань, перш за все, вимагають знання властивостей тіл обертання та їх використання для обчислення фізичних величин.

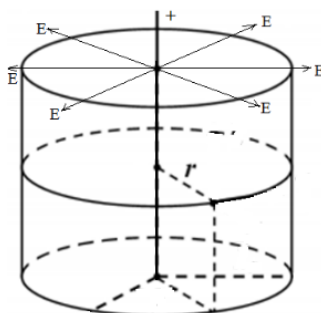
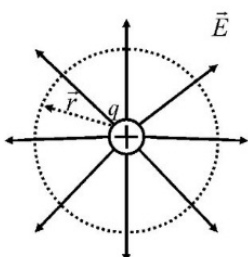
2. **Забезпечують можливості для фізичного моделювання:** використовуються з метою успішного засвоєння нового матеріалу або вирішення задачі завдяки використанню та врахування основних властивостей тіл, спрощують подачу та сприйняття матеріалу. Наприклад:

– Враховуючи добове обертання Землі порівняйте кутові та лінійні швидкості точки екватора та вашого населеного пункту;



– Порівняти кутові та лінійні швидкості велосипедистів, що рухаються схилом у площинах паралельних до основи пагорба конусоподібної форми із відомим кутом при його вершині на якій встановлене джерело світла, якщо їхня спільна тінь біля підніжжя обертається з відомою частотою;

– Вивчення екіпотенціальних поверхонь.



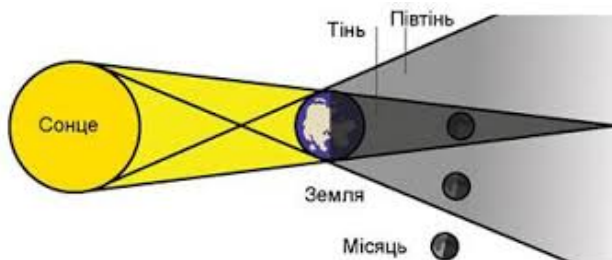
А) для точкового заряду — це коаксіальні (вкладені, зі спільним центром) сфери у спільному центрі яких знаходиться заряд,
Б) для зарядженого дроту — це коаксіальні циліндри, спільною віссю яких є рівномірно заряджений по всій довжині дріт.

– Вивчення оптики, а саме:

А) законів геометричної оптики, зокрема добового та річного руху Землі, утворення конусів тіні та півтіні: світлові промені виступають твірними конусів або зрізаних конусів тіней, напівтіней;

Б) ходу променів через лінзи: світлові промені виступають твірними циліндрів, конусів або зрізаних конусів простору розповсюдження світла;

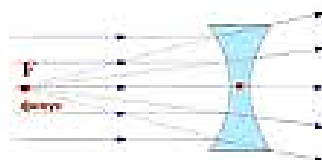
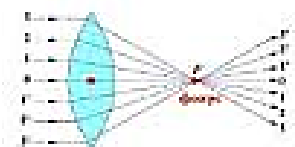
В) законів фотометрії: моделювання простору поширення світлової енергії (циліндр, куля, конус або їх частини) або проектування відповідних світлових потоків на визначені поверхні для розрахунку фотометричних величин за умови різної форми джерела світла та різного кута нахилу світлового потоку до досліджуваної поверхні.



Опукла лінза (збиральна)



Увігнута лінза (розсіювальна)



Висновки

На основі вище зазначеного та аналізу освітніх програм з математики та фізики можна констатувати що сучасний учитель:

- маючи можливість змінювати послідовність вивчення тем з дисципліни робить вагомий внесок в узгодження змісту навчальних програм та часового тематичного розподілу в межах різних дисциплін;
- використовуючи за опору природність та практичність навчального матеріалу, сприяє формуванню свідомого ставлення особистості до навчання;
- враховуючи міжпредметні поєднання, забезпечує можливість значного урізноманітнення розглядуваних завдань практичного спрямування (технічного, економічного, екологічного та ін.).

Зазначені шляхи вирішення проблеми практичного застосування знань стереометрії (тіл обертання) не є вичерпними. Подальшого розгляду вимагає створення інтегрованих тематичних курсів та виваженого їх впровадження

у навчальний процес з урахуванням специфіки викладання окремих тем кожної з природничо-математичних дисциплін. Тому, окреслюючи перспективи подальшої роботи зазначимо, що вони полягають у дослідженні максимальних можливостей проектування інших тем математики на навчальний процес з фізики з метою формування усвідомлених знань

Література

1. Варламов С.Д., Зильберман А.Р., Зинковский В.И. Экспериментальные задачи на уроках физики и физических олимпиадах. М. : МЦНМО, 2009. 184 с.
2. Голин Г.М. Вопросы методологии физики в курсе средней школы. М. : Просвещение. 1987. 127 с.
3. Горденко Т. Елементи технології навчання як дослідження на уроках фізики. Наукові записки. Випуск 4. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2013. С. 133–138.
4. Коваленко В.Ф., Халімонова І.М., Харченко Н.П., Стецюк В.М. Загальна фізика у прикладах, запитаннях і відповідях. Оптика : навчальний посібник. К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет». 2012. 447 с.
5. Подалов М. Использование принципа наглядности в формировании исследовательской компетенции. Наукові записки. Випуск 4. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2013. С. 78–81.
6. Савченко В.Ф. Методика навчання фізики в середній школі. (Загальні питання). Чернігів : РВВ ЧДПУ. 2003. 100 с.
7. Садовий А.І., Лега Ю.Г. Основи фізики з задачами і прикладами їх розв'язування : навчальний посібник. Київ : Кондор. 2008. 382 с.

Lymareva Yuliya N., Zubko Kateryna M.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

Bodies of rotation in the study of physics

The article is devoted to solving the problem of integration of physics and mathematics at the level of application of stereometric objects (bodies of rotation) and their properties during the study of physics. The naturalness of these objects and the practical expediency of their study are proved. Examples of problems based on the direct application of mathematical information about rotating bodies in the study of physics are considered.

Keywords: *physical problem, body of rotation, sphere, cylinder, cone, educational process, modeling, property, practicality.*

Дахова О.І., Войнов О.Л., Белошанка О.Я.

¹ учитель-методист, фахівець вищої категорії, учитель фізики та астрономії; Ліцей №4 «Успіх» м. Краматорськ, Донецька область

ORCID 0000-0002-3165-8919

² старший учитель, фахівець вищої категорії, учитель фізики, астрономії та інформатики, Миколаївський ЗЗСО І-ІІІ ст. №3 Миколаївської міської ради Слов'янського р-ну Донецької обл.

e-mail: bytic2010@gmail.com, ORCID 0000-0002-1082-6565

³ старший викладач кафедри фізики, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: kafedrafiziki2018@gmail.com, ORCID 0000-0001-7448-3832

STEM-ПРОЕКТ «ШКОЛА ІНЖЕНЕРІНГУ» В ЗАКЛАДІ ОСВІТИ

Стаття розглядає STEM-проект «Школа інженерінгу» в закладах загальної середньої освіти. Автори пропонують матеріал в якому застосовується нетрадиційні методичні прийоми, що допомагають підвищити інтерес до науки, техніки, поглибити знання з математики, фізики, астрономії та інших природничих дисциплін. Цей матеріал можна застосовувати при проведенні позакласних заходів в закладах загальної середньої освіти.

Ключові слова: *STEM-технології, освітній проект, інноваційні технології, поза-класні заходи, природничі науки, метапредметність освіти, інженерне мислення.*

Вступ

У процесі навчання фізики та астрономії найбільш оптимальними є просуване міждисциплінарний і заснований на інтересах підхід до науки, математики та технології.

Фізика — наука про природу, тому розмовляти з природою потрібно на її мові. Ми намагаємося наблизити науку, щоб забезпечити високу якість викладання природничих дисциплін. «Наука не тільки для вчених». Ми можемо дозволити собі використовувати предмети гуманітарний циклу для вивчення фізики і астрономії.

STEM-проекти спрямовані на підвищення радості інновацій та навчання через кордони предмета. Це також підтримує інтерес до науки, техніки і математики за допомогою творчих методів роботи і контекстів, які учні знаходять захоплюючими.

Основна мета фізики та астрономії — впровадити в школах новий міждисциплінарний, спільний спосіб роботи і мислення, заснований на дослідженнях і практиках, підкреслених в програмі «Нової Української школи». Сучасні тренди в освіті сприяють побудові ефективного навчального середовища і формуванню фізичної компетентності учнів.

Основна частина

STEM-освітні технології були розроблені для того, щоб вирішити проблему роз'єднаності, незв'язаності між собою різних наукових дисциплін. Метапредметність освіти дозволяє забезпечити формування цілісної картини світу у свідомості дитини. Завдяки цим технологіям в учнів формується підхід до досліджуваного предмета або явища як до системи знань про світ, вираженому в числах і фігурах (математика), у речовинах (хімія), тілах і полях (фізика), художніх образах (література, музика, образотворче мистецтво). Введення STEM-підходу дозволяє поступово, без революційних реформ спрямувати освіту назустріч новим потребам суспільства.

Якщо у великих містах діти все ж мають можливість побачити науку такою як вона є і зацікавитися нею під час наукових та мейкерських фестивалів, відвідуючи воркшопи та гуртки або завітавши до музею науки, то в маленьких містах та селах все обмежується шкільною програмою.

Тож можемо говорити як про проблему загальної конкурентоспроможності випускників.

Але найважливіше те, що зростання в середовищі в якому дитина не може розвивати свій потенціал, ба навіть спробувати себе в чомусь новому загрожує тим, що вона втратить можливість побудувати те життя, яке могла б за інших, більш сприятливих умов.

Тому ми дуже сподівались, щоб доторкнутися до світу науки, математики, інженерінга, технології змогла кожна дитина.

STEM-проект «Школа інженерінгу» — це можливість для вчителів перетворити школу на один тиждень на мейкерські та дослідницькі лабораторії, щоб зацікавити учнів наукою і дати їм поштовх до розвитку власного інженерного потенціалу.

Так вчителі Ліцею №4 «Успіх» Краматорської міської ради Каракулова Ірина (директорка ліцею та викладач англійської мови), Дахова Олена (фізик), Саматова Олена (географ, біолог), Лиманська Світлана та Святас Олена (математики), Герасимович Лариса (інформатика), Улянова Катерина (хімік, біолог) організували та провели STEM-проект «Школа інженерінгу».

З урахуванням проведення STEM-проекту вчителі-предметники внесли зміни у свої календарно-тематичні плани. Протягом тижня були проведені засідання методичних об'єднань що до визначення мети, змісту, оформлення, підбору матеріалів до уроків, розроблені рекомендації. Обговорення нових технологій проведення уроків учителями різних кафедр ліцею дало можливість знайти нові цікаві ідеї представлення поняття «Інженерінг», нові способи зацікавити учнів дослідженням обраного поняття, здивувати несподіваними

паралелями і порівняннями. Кожен учитель цього дня на своєму уроці звернув увагу дітей на впорядкованість простору, що оточував нас, на закони Всесвіту, що створюють гармонію усередині людини і навколо нього, на важливість вивчення цих законів та використання їх в інженерній праці.

Звичайно, один лише захід не зробить із вихованців дослідників, але ми сподіваємося, що він підштовхне їх до пошуку: нової інформації; проблем, які будуть впливати і досліджувати які їм буде цікаво; можливостей, які допоможуть розвинути свої здібності. Цікавість — це те, що нам хочеться в одних учнів пробудити, а іншим допомогти хоч трохи її задовольнити.

Було круто для дітей старшого віку конструювати гідравлічні механізми. Окрім застосування законів гідравліки на практиці, учні, змогли побачити різницю в роботі систем в залежності від того, базуються вони на стисканні газів чи рідин.

Однією з навичок, якою мають володіти інженери, є вміння працювати в команді. Одна з найпростіших і найулюбленіших інженерних активностей була «Башта». Все просто — зубочистки, пластилін. Задача мінімум — побудувати башту, яка триматиме рівновагу. Максимум — щоб вона була найвищою. Але ми наповнили її ще математикою, поставив питання, як розрахувати об'єм цієї башти?

Під час уроків, учні 1–4-х класів, відвідуючи імпровізований музей, із захопленням і повагою слухали роз'яснення старшокласників відносно неймовірних з точки зору малюків фізичних, біологічних, хімічних явищ.

А з позиції освітньої, виховної, з урахуванням ефекту спадкоємності поколінь, результат цього дня був просто неоціненним. Спільна підготовка інженерних робіт, привід для співтворчості дітей і батьків, спілкування малюків і старшокласників, освоєння ними ролі наукових дослідників і експертів — все, що вмістили в себе ці незвичайні шкільні дні, надовго залишиться для дітей прикладом можливостей натхненної спільної діяльності.

Настає час, коли учні максимально фокусуються на своєму майбутньому. Ставлять собі питання: чим зайнятися в житті, як обрати професію, чи буде вона затребувана через 5-10 років, куди вступати, класична чи онлайн-освіта, український чи закордонний ЗВО, а може стартап? Принаймні ми сподіваємося що вони ставлять собі всі ці і багато інших питань. Щоб допомогти їм знайти відповіді на частину з них, а також зрозуміти чи готові вони принаймні спробувати пов'язати своє майбутнє з інженерією, ми запросили до фінального дня-виставки мейкерських робіт ЗВО нашого міста, яких просили підготувати локації та супровід доробків студентів та викладачів за темою інженерінга.

На захід були запрошені представники Донбаської національної академії будівництва і архітектури (ДонНАБА) та Донбаської державної машинобудівної академії (ДДМА).

Студенти та викладачі Академії зацікавлювали учнів інженерними спеціальностями, демонструючи роботи архітекторів та діючі моделі будівельної техніки, новітніми комп'ютерними технологіями, робототехнікою, хімічною інженерією.

Діти були в захваті від представлених експозицій. Учні обмінялися результатами інженерінгу і таким чином отримали більше досвіду, можуть вільно експериментувати з матеріалами, з яких було виготовлено моделі.

На деякий час ліцей було перетворено на дослідницькі лабораторії та локації інженерних спеціальностей.

Інноваційний та захоплюючий спосіб вивчення та закріплення учнівських знань — мініпроекти. Вони, як і повноформатні проекти, мають дослідницьке, проблемне та творче спрямування, а також сприяють усебічному розвитку школяра, формують його комунікабельність, аналітичне і стратегічне мислення, навчають помічати різницю між головними та другорядними даними.

Так в Ліцеї №4 «Успіх» Краматорської міськради був проведений День цікавої науки в форматі STEM-лабораторія під девізом «Перший крок в Космос робиться на Землі». Свій досвід об'єднали вчителі фізики, астрономії, географії, математики, інформатики, труда, малювання та іноземної мови.

Від роботи з учнями в класі рухались в різних напрямках навколо означеної мети. Так вчителі англійської мови організували переклад лабораторних робіт з астрономії та супровід їх практичного виконання. Дослідницька частина була підготовлена фізиками та географами. Математики з вчителем інформатики запропонували сучасні інструменти для розрахунку. Моделі та малюнки були виконані за допомогою вчителів труда та малювання. Ми отримали задоволення від зацікавлених дітей.

Прекрасним і просто чарівним завершенням Днів цікавої науки під девізом «Перший крок в Космос робиться на Землі» стало спостереження Зоряних Небес пізно увечері в телескоп, зроблений руками умільців гуртка астрономії Центру позашкільної роботи. Під 150-кратним збільшенням відкрив свої таємниці Юпітер і його супутники, а лазерний промінь-указка в руках знавця астрономії оживив міфічні сузір'я небесного купола, дозволив відчувати невидимі нитки, що зв'язують нас із Всесвітом.

... Людина володіє вродженим прагненням виходити за свої межі. Рух «вперед і вгору» — суть істинно Людського життя.

У минулому нас багато що може роз'єднувати. В оцінці минулого легко

знайти привід для розбрату. Сьогодні як ніколи важливо перемістити фокус своєї уваги в Майбутнє: нове, що об'єднує, яке будуюмо ми самі.

Тяга до Науки прибирає темні плями, неясності, проливає світло, стирає привід для розбіжностей. Радість розуміння наукових закономірностей надає осмисленість вибору напрямку руху, зміцнює віру у власні сили. Нехай наші діти будуть гідними наших великих першовідкривачів Зоряного Світу.

Істинне знання — це не набір наукової інформації, це її застосування в житті і для Життя. Істинне Знання отримується спільно і дбайливо передається далі — наступним. Щоб процес Творіння Нового був можливим, потрібна Наука, потрібний Інтелект, потрібна така Школа, яка запалює Зірки. Майбутнє не передбачається. Майбутнє — створюється. Вперед і вгору! До Зірок!

Висновки

STEM-технології дозволяють підвищити якість предметної роботи і зробити її реально змістовною, пов'язати з живою роботою мислення і ефективною комунікацією. Проведені проектні дні — це результативний крок у напрямку формування цілісності загальнокультурного, особистісного і пізнавального розвитку дитини, забезпечення наступності всіх ступенів освітнього процесу. Проекти дають дітям та підліткам можливість показати свій досвід та скористатися власними інтересами та творчістю. Форма і тема проекту можуть бути майже всім, про що ви можете подумати. Нам хочеться наповнити експериментуванням та майструванням весь рік!

Література

1. Указ Президента України «Про Національну доктрину розвитку освіти» від 17.04.2002 № 347/2002
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/347/2002>
2. Фізика. Навчальна програма для 7–9 класів (із змінами від 07.06.17 р.)
3. Навчальна програма для 10–11 класів «ФІЗИКА і АСТРОНОМІЯ» (рівень стандарту). Авторський колектив під керівництвом Ляшенка О.І.
4. Закон України від 13 травня 1999 р. «Про загальну середню освіту» (Стаття 13. Форми навчання).
5. «Про концепцію загальної середньої освіти» (12-ти річна школа). Постанова спільного засідання колегії Міністерства освіти і науки України і президії Академії педагогічних наук України від 22.11.2001 р. № 12/5-2.
6. Коршунова О.В. STEM-освіта. Професійний розвиток педагога : збірник спецкурсів / О.В. Коршунова, Н.І. Гущина, І.П. Василяшко, О.О. Патрикеева. К. : Видавничий дім «Освіта», 2018. 80 с.

7. Лист ІМЗО № 21.1/10-1470 від 13.07.2017 Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2017/2018 навчальний рік. URL: shkola.ostriv.in.ua/publication/code781F53720D54F/list-9CBF2D9326
8. Матеріали из Википедии свободной энциклопедии.
URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Мобильное_обучение
9. Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2017/2018 н.р.
URL: oblosvita.te.ua/news/2378-vprovadzhennia-stem-osvity
10. *Пилипчук О.* «Перевернене» навчання інформатики.
URL: <http://qoo.by/2Bl>.
11. План заходів щодо впровадження STEM-освіти в Україні на 2016-2018 р.
URL: <https://drive.google.com/file/d/0B3m2TqBM0APKQmc4LUd2Mm-VFckk/view>
12. *Біда Д.Д.* Інтерактивні уроки фізики. Х.: Вид.група «Основа», 2005. 96 с.
13. Дистанційний курс «Основи практичної астрономії».
URL: http://www.zhu.edu.ua/mk_school/course/view.php?id=183
14. Електронні продукти LearningApps.org
URL: <https://learningapps.org/display?v=pcug4mtg301>
15. *Шарко В.Д.* Сучасний урок. К.: 2006, 224 с.
16. *Пометун О., Пироженко Л.* Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання: Наук.-метод, посібник. К.: А.С.К., 2004. 192 с.

Dakhova Elena, Voinov Oleg, Beloshapka Alexander

Mykolajiv establishment of general secondary education I-III degrees No. 3 of Mykolajiv city council of Slavic district of Donetsk region, Ukraine;
Teacher Lyceum No. 4 «Uspeh», Kramatorsk, Donetsk region, Ukraine;
Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

STEM-project «School of engineering» in educational institutions

The article considers the STEM-project «School of Engineering» in secondary schools. The authors offer material in which unconventional teaching methods are used to help increase interest in science and technology, to deepen knowledge in mathematics, physics, astronomy and other natural disciplines. This material can be used for extracurricular activities in secondary schools.

Keywords: *STEM technologies, educational project, innovative technologies, extracurricular activities, natural sciences, meta-subject of education, engineering thinking.*

ЗМІСТ

Від редакційної колегії	5
<i>До 75-річчя Костікова Олександра Петровича</i>	<i>6</i>
Математика	21
Кадубовський О.А., Сипчук Є.Ю. <i>Про число неізоморфних двокольорових хордових O-діаграм роду 2, які мають один сірий (або чорний) цикл</i>	<i>21</i>
Воловенко М.В., Копоть М.А., Нікітенко О.М. <i>Порівняльний аналіз методів розв'язання рівнянь руху в системах зі стхрещеними полями</i>	<i>33</i>
Величко В.Є. <i>Обчислення квазіідеалів скінчених напівгруп перетворень графом Келі напівгруп</i>	<i>45</i>
Фізика	50
Надточий В.А., Воронова И.В. <i>Низкоразмерные структуры и их свойства</i>	<i>50</i>
Надточий В.А., Воронова И.В., Сыпчук Е.Ю. <i>Квантовые точки и квантовые нити для современной полупроводниковой электроники</i>	<i>59</i>
Костиков А.П. <i>Особенности фотофизики триптофана в составе белков</i>	<i>65</i>
Калугін В.В., Назаров С.В., Шиманська Л.А., Белошапка О.Я. <i>Дослідження активних ядер галактик</i>	<i>71</i>
Інформатика та методика її викладання	81
Стьопкін А.В., Турка Т.В., Стьопкіна А.С. <i>Офісний пакет OpenOffice на уроках математики</i>	<i>81</i>

Стьопкіна А.С., Стьопкін А.В. <i>Розвиток інформаційної компетентності студентів педагогічних спеціальностей</i>	86
Кайдан Н.В., Кракова А.І., Жадан С.С., Смоляр А.Ю. <i>Застосування хмарних сервісів Math Partner та Graph Online при розв'язуванні задач з теорії графів</i>	91
Глазова В.В., Полторацький О.В. <i>Підготовка майбутніх учителів інформатики до організації занять з робототехніки</i>	98
Федоренко О.Г., Величко В.Є. <i>Формування ІКТ-компетентності майбутніх учителів у разі зростання біологічних загроз</i>	104
Методика викладання математики в закладах загальної середньої та вищої освіти	111
Беседін Б.Б., Кириченко А.М. <i>Комп'ютерне тестування, як метод контролю якості знань учнів на уроках математики</i>	111
Беседін Б.Б., Жадан О.С. <i>Розв'язання задач з геометрії різними методами</i>	116
Беседін Б.Б., Гайдар С.О. <i>Шляхи вдосконалення узагальнення та систематизації знань при вивченні алгебри в 7-9 класах</i>	121
Беседін Б.Б., Д'яченко Д.Д. <i>Реалізація міжпредметних зв'язків на уроках математики</i>	126
Методика викладання фізики і астрономії в закладах загальної середньої та вищої освіти	135
Ткаченко В.М., Притула М.І., Черевань Є.О. <i>Підготовка майбутніх учителів до реалізації сучасної методичної системи навчання природничих дисциплін</i>	135
Войнов О.Л., Белошапка О.Я. <i>Тиск світла та його особливості. Досвіди Лебедева</i>	140

Войнов О.Л., Белошапка О.Я., Лимарева Ю.М. <i>Комптоновське розсіювання світла та його значення для розвитку квантової теорії</i>	150
Лимарева Ю.М., Горобець В.В., Турка В.М. <i>Базова фізика як фундамент вивчення загальнотехнічних та профіль- них дисциплін у закладах вищої освіти технічного спрямування</i>	163
Лимарева Ю.М., Сідіна В.О. <i>Вивчення фізики в умовах змішаного навчання</i>	169
Лимарева Ю.М., Зубко К.М. <i>Тіла обертання у вивченні фізики</i>	176
Дахова О.І., Войнов О.Л., Белошапка О.Я. <i>STEM-проект «Школа інженерінгу» в закладі освіти</i>	184
Інформація для авторів журналу	196

CONTENTS

From the editorial board	5
<i>To the 75th anniversary of Kostikov Alexander Petrovich</i>	<i>6</i>
Mathematics	21
Kadubovs'kyi O.A., Sypchuk Ye. <i>On the number of non-isomorphic 2-color chord O-diagrams of the genus two that have one grey (or black) face</i>	<i>21</i>
Volovenko M.V., Kopot M.A., Nikitenko O.M. <i>The comparable analysis of solution methods of motion equations in crossed-field systems</i>	<i>33</i>
Velychko V.Ye. <i>Calculation of quasi-ideals of finite semigroups of transformations by the Kelly graph of semigroups</i>	<i>45</i>
Physics	50
Nadtochyi V.A., Voronova I.V. <i>Low-dimensional structures and their properties</i>	<i>50</i>
Nadtochyi V.A., Voronova I.V., Sypchuk Y.Y. <i>Quantum dots and quantum filaments for modern semiconductor electronics</i>	<i>59</i>
Kostikov Alexander P. <i>Structural particular qualities of tryptophan influencing on the light induced deactivation of proteins phosphorescence</i>	<i>65</i>
Kaluhin V., Nazarov S., Shymanska L., Beloshapka O. <i>Research of active galaxis nuclears</i>	<i>71</i>
Computer Sciences and Teaching Methods of Computer Sciences	81
Stopkin A.V., Turka T.V., Stopkina A.S. <i>Openoffice office suite for math lessons</i>	<i>81</i>

Stopkina A.S., Stopkin A.V. <i>Development of information competence of students of pedagogical specialties</i>	86
Kaidan N.V., Krakova A.I., Zhadan S.S., Smoliar A.Y. <i>Application of Math Partner and Graph Online cloud services in solving graph theory problems</i>	91
Hlazova V.V, Poltoratskyi O.V. <i>Preparation of future computer science teachers for the organization of classes in robotics</i>	98
Fedorenko O.G., Velychko V.Ye. <i>Formation of ICT competence of future teachers in case of growth of biological threats</i>	104

Teaching Methods of Mathematics at School and University..... 111

Besedin B.B., Kyrychenko A.M. <i>Computer testing as method of quality control of knowledge of pupils at mathematics lessons</i>	111
Besedin B.B., Zhadan O.S. <i>Solution of tasks in geometry by different methods</i>	116
Besedin B.B., Gaydar S.O. <i>Ways to improve the generalization and systematization of knowledge in the study of algebra in grades 7-9</i>	121
Besedin B.B., Diachenko D.D. <i>Implementation of interdisciplinary connections in mathematics lessons</i>	126

Teaching Methods of Physics and Astronomy at School and University 135

Tkachenko V.M., Prytula M.I., Cherevan Ye.O. <i>Preparing future teachers for the implementation of the modern methodological system of teaching natural disciplines</i>	135
Voinov O., Beloshapka A. <i>Pressure of light and its features. Experience Lebedev</i>	140
Voinov O., Beloshapka A., Lymareva Yu. <i>Compton diffusion of light and its value for the development of quantum theory</i>	150

Lymareva Yu.N., Gorobets V.V., Turka V.N. <i>Basic physics as a foundation for the study of general technical and profile disciplines in educational institutions of higher technical education</i>	163
Lymareva Yu.N., Sidina V.A. <i>Study of physics in conditions of mixed learning</i>	169
Lymareva Yuliya N., Zubko Kateryna M. <i>Bodies of rotation in the study of physics</i>	176
Dakhova E., Voinov O., Beloshapka A. <i>STEM-project «School of engineering» in educational institutions</i>	184
Information for the authors of the journal.....	196

«Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ» виходить із періодичністю один раз на рік та публікує статті, у яких представлені наукові дослідження за наступними напрямками: «Математика»; «Фізика»; «Інформатика та методика її навчання»; «Методика навчання математики в закладах загальної середньої та вищої освіти»; «Методика навчання фізики і астрономії в закладах загальної середньої та вищої освіти».

Редакційна колегія журналу у своїй діяльності

- підтримує політику, спрямовану на уникнення порушень академічної доброчесності¹ (плагіат, самоплагіат, фабрикація, фальсифікація і т.ін.),
- керується принципами Комітету з етики публікацій (The Committee on Publication Ethics (COPE)) <http://publicationethics.org/>
- та закликає (потенційних) авторів журналу керуватися принципами Комітету (COPE) щодо всіх аспектів етики публікації і дотримуватися етичних правил, представлених на веб-сервісі для журнального контенту (<https://publishingsupport.iopscience.iop.org/>), зокрема:
 - плагіат² має багато форм, від перефразування істотних частин чужої роботи (без посилання на джерело) до привласнення результатів, отриманих в дослідженнях, виконаних іншими особами; плагіат у всіх своїх формах є проявом неетичної поведінки та є неприпустимим явищем в академічному і науковому середовищі;
 - необхідно надати належні підтвердження використаним творам та посилання на них (сюди входить матеріал, який тісно скопійований (поблизу дослівного), узагальнений та / або перефразований);
 - жодні дані не можуть бути сфабриковані та піддані маніпулюванню (включаючи зображення) для підтвердження висновків рукопису;
 - одне дослідження не може розбиватися на декілька частин, щоб збільшити кількість публікацій та надсилатись до різних редагованих книжкових проєктів чи журналів або до одного журналу протягом певного часу;
 - авторство повинно обмежуватися тими особами, хто вніс значний внесок в концепцію, виконання або інтерпретацію представленого дослідження;
 - згоду на подання необхідно отримати від усіх співавторів та відповідальних органів в установі, де робота була виконана до подання рукопису;
 - автори, імена яких фігурують у публікації, поділяють колективну відповідальність та підзвітність за результати.

¹ В. Бахрушин, Є. Ніколаєв. Методичні рекомендації для закладів вищої освіти з підтримки принципів академічної доброчесності URL: <https://tinyurl.com/v6lg7wt>

² В. Бахрушин. Презентація вебінару «Академічна доброчесність в точних науках». URL: <https://saiup.org.ua/wp-content/uploads/2020/05/Osoblyvosti-zabezpechennya-akademichnoi-dobrocheshnosti-v-tehnichnyh-naukah.pdf>

При підготовці статті необхідно дотримуватись наступних вимог:

1. Рукописи подаються в одному примірнику, надруковані українською, англійською або російською мовою на одній стороні аркуша через один інтервал з широкими полями, старанно вичитані і розмічені; примірник повинен бути оформлений відповідно до зазначених нижче вимог з обов'язковим підписом автора (усіх авторів) статті.
2. Стаття повинна включати:
 - 2.1) індекс УДК (*обов'язково*);
 - 2.2) прізвище та ініціали автора (авторів) *мовою оригіналу*;
 - 2.3) електронні адреси поштових скриньок (e-mail) автора (авторів);
 - 2.4) науковий ступінь, вчене звання, посада та назва установи (де працює автор / автори) *мовою оригіналу*;
 - 2.5) назву статті *мовою оригіналу*; якщо (для колонтитулу) назва є задовгою, то подати її короткий варіант — не більше 40 знаків;
 - 2.6) ORCID (*обов'язково*);
 - 2.7) анотацію (до 5 рядків) *мовою оригіналу*;
 - 2.8) ключові слова (5 – 7) *мовою оригіналу*;
 - 2.9) короткий вступ: постановка проблеми, актуальність дослідження, мета статті та новизна одержаних результатів;
 - 2.10) посилання на кожне з наведених джерел (*обов'язково*);
 - 2.11) теоретичні основи дослідження (*за необхідності*);
 - 2.12) основну частину: виклад авторського доробку — формулювання одержаних автором (авторами) нових результатів, які раніше ніде не були опубліковані або подані до розгляду в інший журнал;
 - 2.13) висновки та перспективи подальших досліджень;
 - 2.14) список використаних джерел, розташованих за абеткою (або хронологією цитування) та оформлених відповідно до чинного в Україні стандарту ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання», який можна завантажити за адресою URL: <http://www.slavdpu.dn.ua/fizmatzbirnyk/DSTU2015.pdf>; за наявності до джерел додається відповідний їм DOI;
 - 2.15) наприкінці: прізвища та ініціали авторів, назви установ, анотація та ключові слова *ІНШОЮ МОВОЮ*:
якщо стаття українською або російською мовою, то англійською,
якщо стаття англійською мовою, то — українською.

3. До (друкованого варіанту) статті обов'язково додається:

3.1) електронний варіант у форматі LaTeX; файли прикладу та вимоги щодо оформлення статей можна завантажити за адресою
URL: <http://slavdpu.dn.ua/fizmatzbirnyk/znpFizmat2020.zip>

3.2) електронний варіант статті у форматі PDF;
якщо електронний варіант статті не вдається підготувати у форматі LaTeX, то обов'язково надати електронний варіант у форматі DOC оформивши за зразком, який можна завантажити за адресою
URL: <http://slavdpu.dn.ua/fizmatzbirnyk/zrazok.pdf>

3.3) «метадані рукопису» (є обов'язковою частиною наукової роботи, що публікуються в журналі, на сайті видання, розміщуються в міжнародних наукометричних базах даних) за зразком, який можна завантажити за адресою
URL: <http://slavdpu.dn.ua/fizmatzbirnyk/metadani.doc>

4. Статті, підготовлені з порушенням зазначених вимог, до розгляду редакційною колегією журналу НЕ приймаються.

5. У випадку авторського колективу вказати прізвище, ім'я, по батькові та e-mail того з авторів, з ким редакційна колегія може вести листування.

Адреса для листування:

Україна, 84116, м. Слов'янськ, Донецька обл., вул. Г. Батюка, 19,
ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет»,
Деканат фізико-математичного факультету.

e-mail: znpfizmatsdpu@ukr.net, kadubovs@ukr.net

телефон: (06262) 3-26-59.

з 2015 року

«Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ»
індексується у наукометричній базі

Index Copernicus

(ICI Journals Master List)

ICV 2015: 33.40 ICV 2016: 50.51 ICV 2017: 77.80 ICV 2018: 77.95

Наукове видання

**Збірник наукових праць
фізико-математичного факультету
ДДПУ**

Випуск №10



Для студентів, аспірантів та науковців в галузі
фізико-математичних наук; вчителів та викладачів
фізико-математичних дисциплін в ЗЗС та ВО.

Комп'ютерна верстка та
підготовка оригінал-макету О.А. Кадубовський
Відповідальні за випуск О.А. Кадубовський, В.Є. Величко



Підписано до друку 30.06.2020 р.
Формат 60 × 84 1/16. Ум. др. арк. 12,5.
Тираж 100 прим. Зам. № 1677.

Підприємець Маторін Б.І.
84116, м. Слов'янськ, вул. Г. Батюка, 19.
Тел./факс +38 06262 3-20-99. Email: matorinb@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції ДК №3141, видане Державним комітетом телебачення та радіомовлення України від 24.03.2008 р.
