НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені М. П. ДРАГОМАНОВА

ЄФРЕМОВА Олександра Ігорівна

УДК 373.0+370.1821+371.3.53+51

МІЖПРЕДМЕТНІ ЗВ'ЯЗКИ ФІЗИКИ І МАТЕМАТИКИ У 9-11 КЛАСАХ СЕРЕДНЬОЇ ЗАГАЛЬНООСВІТНЬОЇ ШКОЛИ

13.00.02 – теорія і методика навчання фізики

Автореферат дисертації
на здобуття наукового ступеня кандидата педагогічних наук

Київ 2001

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в **Південноукраїнському державному педагогічному університеті ім. К.Д. Ушинського,** Міністерство освіти та наукиУкраїни

Науковий керівник – кандидат педагогічних наук, професор
Редько Григорій Борисович,
Інститут удосконалення вчителів.

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук, професор,
член-кореспондент АПН України,
Шут Микола Іванович,
Національний педагогічний університет
імені М.П. Драгоманова,
завідувач кафедри загальної фізики.

кандидат педагогічних наук, професор,
Савченко Віталій Федорович,
Чернігівський державний педагогічний університет
імені Т.Г. Шевченка,
завідувач кафедри педагогіки, психології
та методики навчання фізики

Провідна установа: Кіровоградський державний педагогічний університет
імені В Винниченка, кафедра фізики та методики її
викладання, Міністерство освіти і науки України,
м. Кировоград.

Захист відбудеться “ 23 ” жовтня 2001 року о 15 год 30 хв на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.053.03 в Національному педагогічному університеті імені М.П. Драгоманова (01601, Київ, вул. Пирогова, 9)

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (01601, Київ, вул. Пирогова, 9)

Автореферат розісланий “ 19 ” вересня 2001 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Є.В. Коршак

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

1. ***Актуальність дослідження.*** Сучасне навчання фізики має на увазі органічне сполучення експериментального й теоретичного підходів, виявлення суті фізичних законів на основі математичних методів у рамках навчальної програми. Відповідно до проекту стандарту шкільної фізичної освіти, основною метою вивчення курсу фізики є формування й розвиток в учнів наукових знань і умінь, необхідних для розуміння явищ і процесів, що відбуваються в природі, техніці, побуті.

Зокрема, виділяється розвиток логічного мислення учнів, уміння користатися індукцією, дедукцією й умовиводами за аналогією, а також розвиток умінь вирішувати задачі на основі засвоєних теоретичних положень, застосовувати математичний апарат, графічні засоби і т.д.

У методиці навчання фізики такою системою, що вирішує проблему застосування математичних знань у шкільному курсі фізики, вважаються міжпредметні зв'язки. Незважаючи на велику кількість досліджень, єдиного підходу до тлумачення міжпредметних зв'язків немає. В умовах суттєвих змін у шкільній фізичній освіті (у її концепції, структурі, змісті), що відбуваються в Україні з 1992 р., правомірно завдатися питанням, в якій мірі реалізація міжпредметних зв'язків фізики і математики відповідає сучасним нормам і вимогам до шкільного викладання цих дисциплін.

Аналіз навчального процесу з фізики, що ми проводили з 1996 року в школах м. Одеси й Одеської області, свідчить про наступне:

– Знання учнів з фізики та математики не завжди досить глибокі і міцні, особливо в старших класах. Учні ототожнюють поняття вектор і векторна величина, функція і функціональна залежність між змінними фізичними величинами, не володіють у достатній мірі навичками застосування математичних знань.

– Суттєвим недоліком навчального процесу є недосконаліть змісту підручників фізики і математики. Так у підручниках використовується різна символіка і термінологія при позначенні тих самих об'єктів; у підручниках математики є посилання на фізичні об'єкти, що ще в шкільному курсі фізики не розглядалися.

– Учителі фізики і математики не завжди узгоджують свої календарно-тематичні плани, у результаті чого при виведеннях, розв’язуваннях задач трапляються випадки використання математичного апарату, що учнями ще не вивчався.

Таким чином, ряд педагогічних показників, таких як науковий рівень, глибина, міцність і якість фізичних і математичних знань, на жаль, недостатньо високі і не відповідають вимогам до шкільної фізичної освіти, зазначеним у проекті стандарту. Отже, здійснення тільки міжпредметних зв'язків фізики і математики вже не відповідає сучасним тенденціям удосконалення педагогічного процесу. В умовах зміни концепції середньої фізичної освіти повинна змінитися і концепція міжпредметних зв'язків фізики і математики. В умовах диференціації фізичної освіти, що досягається через індивідуальний підхід до навчання і виховання школярів, підвищити якість навчання фізиці можна шляхом формування в них певної бази математичних знань, математичного мислення.

Вихідною ідеєю актуальності теми дослідження ми вважаємо необхідність збагачення знань учнів про природу і їхній розвиток засобами фізики і математики як наук і явищ загальнолюдської культури. А це, на наш погляд, і є реформування змісту фізичної освіти, подолання негативних тенденцій загальноосвітньої школи. Зміст курсу фізики повинен бути відібраний таким чином, щоб система освіти розвивала творчі здібності учня,

збагачувала його духовний світ, пізнавальні інтереси, мотиви до самоосвіти, формувало наукову картину світу.

Теоретичну основу дослідження складають наукові праці вітчизняних і зарубіжних вчених, де викладені передові психолого-педагогічні концепції міжпредметних зв'язків взагалі і фізики та математики зокрема. Особливо варто виділити дослідження Бавріна І.І., Бугайова О.І., Гончаренка С.У., Гусєва В.О., Далінгера В.А., Донченка Н.Т., Калапуші Л.Р., Коршака Є.В., Максимової В.Н., Нестеренка Ф.П., Пінського О.О., Сергєєва О.В., Федорової В.Н., Філера З.Ю., Філон Л.О., Хомутського В.Д., Швай О.Л. та інших вчених-методистів, які затверджують необхідність здійснення міжпредметних зв'язків фізики і математики, застосування математичних знань на уроках фізики, узгодженого викладання цих дисциплін.

Виходячи із вищезазначеного, була обрана тема дисертаційного дослідження – "***Міжпредметні зв'язки фізики і математики у 9-11 класах середньої загальноосвітньої школи***", яке виконано відповідно до тематичного плану наукових досліджень кафедри методики фізики та ТЗН Південноукраїнського державного педагогічного університету імені К.Д. Ушинського і присвячене розвитку міжпредметних зв'язків фізики і математики відповідно до нової концепції та проектів стандарту шкільної фізичної освіти. Тема дисертації затверджена на засіданні вченої ради ПДПУ імені К.Д.Ушинського (протокол № 3 від 28.10.1999р.) та закоординована на бюро Ради з координації наукових досліджень в галузі педагогіки і психології в Україні (протокол № 321 К від 20.06.2000 р.)

Об'єктом дослідження є навчально-виховний процес з фізики у середній школі.

Предметом дослідження є математичний апарат шкільного курсу фізики.

Основною метою дослідження є розробка методичної системи математизації фізичних знань учнів середньої загальноосвітньої школи на прикладах вивчення деяких розділів програми з фізики для 9-11-х класів.

Гіпотеза: якщо розвити ідеї міжпредметних зв'язків фізики та математики до рівня математизації знань учнів, тоді:

- вдасться підвищити ефективність навчання фізики у середній школі взагалі;
- підвищити загальну культуру розумової діяльності;
- ефективніше організувати самостійну роботу учнів з розв'язування фізичних задач, обробки результатів експерименту, аналізу різних формул та рівнянь з погляду їхньої варіативності і реалізації.

Виходячи з мети і гіпотези, перед дослідженням були поставлені ***завдання***:

1. Проаналізувати зміст шкільних курсів фізики і математики щодо предмету формування спільних фізико-математичних понять.
2. Розробити вдосконалену методику реалізації міжпредметних зв'язків фізики та математики у світі нової концепції і проекту стандарту шкільної фізичної освіти в Україні – методику математизації фізичних знань учнів.
3. Розглянути математизацію фізичних знань як психолого-педагогічний процес, що дозволяє розвивати конвергентне і дивергентне мислення школярів.
4. Розробити методичні рекомендації для вчителів фізики і математики з реалізації у навчальному процесі методичної системи розвитку міжпредметних зв'язків фізики та математики.
5. Перевірити ефективність застосування вищезгаданої методичної системи в школах м. Одеси й Одеської області.

Під час виконання поставлених задач застосовувалися такі ***методи дослідження***:

– теоретичні: вивчення державних нормативних документів щодо організації навчального процесу у середніх загальноосвітніх закладах, аналіз літератури з методики викладання фізики в області застосування математичного апарату в шкільному курсі фізики, літератури з педагогіки, психології, філософії і методології; вивчення й узагальнення передового педагогічного досвіду роботи в школі; аналіз навчальних програм, підручників з математики та фізики;

– практичні: анкетування школярів і вчителів; якісний і кількісний аналіз результатів педагогічного експерименту з використанням поелементного аналізу і математичної статистики; спостереження за самостійною роботою учнів; узагальнення власного досвіду викладання фізики і математики в середній школі.

Методологічною і теоретичною основою дослідження є основні положення теорії пізнання, основні загально дидактичні і методичні положення, що стосуються процесу навчання, і, зокрема, навчання фізики; філософський принцип симетрії, що полягає у визнанні інваріантості дій і законів природи (у навчанні фізики це означає, що іноді краще спочатку ввести математичні рівняння, не звертаючи уваги на фізичні моделі й описи, а вже потім шукати просту фізичну концепцію, що охоплювала б зміст цих рівнянь).

Наукова новизна і теоретична значущість дослідження визначаються тим, що:

– виявлено новий науково-методичний підхід до міжпредметних зв'язків фізики та математики у світі нової концепції і проекту стандарту шкільної фізичної освіти в Україні як математизації фізичних знань учнів;

– на основі аналізу тенденцій розвитку поглядів на структуру і зміст шкільних курсів фізики і математики обґрунтована педагогічна доцільність створення методичної системи, що приводить до ефективної математизації фізичних знань учнів 9-11-х класів середньої школи;

– створено методичні рекомендації для вчителів фізики і математики з здійснення запропонованої системи, а саме: з погодженого формування понять вектор і векторна величина, функція і функціональна залежність фізичних величин, похідна в математиці і фізиці; з застосування в шкільному курсі фізики методів математичного моделювання, аксіоматичного методу, дедукції і неповній індукції, графічного і векторного методів, а також методу доказу від супротивного; з застосування математичних знань, умінь і навичок, таких, як розв’язування квадратних рівнянь з знаходженням дискримінанта чи за теоремою Вієта, знаходження суми *n* членів арифметичної прогресії; з роботи з обдарованими дітьми.

Практична значущість дослідження.

Пропонована методика розвитку міжпредметних зв'язків фізики та математики допоможе вчителям фізики і математики організувати навчальний процес, що характеризується:

– єдиним підходом до формування спільних фізико-математичних понять,

– максимально можливим і адекватним використанням математичного апарату,

– розвитком математичного мислення школярів під час вивчення фізичної теорії,

– розвитком самостійної роботи учнів при аналізі фізичних формул, рівнянь, при обробці результатів експерименту, при розв’язуванні фізичних задач.

Досвід створення удосконаленої методики реалізації міжпредметних зв'язків фізики і математики може використовуватися при дослідженнях, присвячених застосуванню інших елементів математичного знання в шкільному курсі фізики.

Вірогідність отриманих результатів та їх обґрунтованість підтверджуються опорою на наукову методологію, апробацією основних положень і конкретних результатів досліджень на конференціях і семінарах методистів, вчителів фізики і математики.

Особистий внесок автора в здобутті наукових результатів дослідження:

1) здійснено обґрунтування і реалізацію основних положень дослідження;
2) розроблено методичні рекомендації зі здійснення методики математизації на уроках фізики в середній школі;
3) розроблено технологічні карти уроків, що були використані при проведенні експерименту, у яких реалізуються пропозиції з подальшого розвитку методики міжпредметних зв'язків фізики та математики у середній школі;
4) особиста участь у викладанні фізики в експериментальних класах шкіл м. Одеси і Одеської області.

Апробація і впровадження результатів дослідження.

Основні результати дослідження доповідалися й обговорювалися в період 1997-2001 рр.: на Міжнародній (Херсон, 2000), Всеукраїнських (Оде-са, 1997, 1999; Кіровоград, 1998, 2000; Чернігів, 1998; Київ, 2000) конфе-ренціях; на Всеукраїнському методологічному семінарі (Київ, Національ-ний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова, грудень 1999 р.); на Всеукраїнських семінарах при опорній кафедрі методики фізики НПУ ім. М.П.Драгоманова (березень 1999 р., травень 2000 р., березень 2001 р.).

На захист виносяться:

1) обґрунтування використання методичної системи застосування міжпредметних зв'язків фізики і математики в 9-11-х класах середньої школи, вищим етапом якої є математизація фізичних знань учнів, її зміст і структура;
2) результати педагогічного експерименту з перевірки ефективності розробленої методичної системи;
3) методичні рекомендації для вчителів по реалізації запропонованої методики.

СТРУКТУРА ТА ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, двох розділів, висновків, списку використаних джерел (201 джерело) і 2 додатків. Текст дисертації викладений на 157 сторінках машинописного тексту, в тому числі 40 рисунків та 9 таблиць в основному тексті, список із 201 використаних літературних джерел на 19 сторінках. Додатки викладені на 47 сторінках.

У вступі обґрунтовується вибір теми та її актуальність. Визначено об'єкт, предмет, мета, гіпотеза, задача, викладена методологічна основа проблеми, зазначені методи дослідження, описані його етапи, охарактеризовані новизна, теоретична і практична цінність роботи, сформульовані основні положення, що виносяться на захист, наведено відомості про вірогідність отриманих результатів та їх апробації.

У ***першому розділі*** – "Теоретичні основи проблеми реалізації міжпредметних зв'язків фізики і математики в 9-11-х класах середньої загальноосвітньої школи" – проведено критичний аналіз результатів рішення цієї проблеми, досліджені всілякі тлумачення, роль і місце міжпредметних зв'язків фізики і математики в середній школі, розглянуті питання застосування математичних методів у шкільному курсі фізики, проаналізовані шкільні підручники і програми з фізики та математики на предмет узгодженості викладання

понять функція і функціональна залежність, вектор і векторна величина, похідна, вивчені психолого-педагогічні аспекти розвитку дидактичної категорії міжпредметні зв'язки.

У педагогічній і методичній літературі міжпредметні зв'язки розглядаються як необхідна умова підвищення ефективності навчання, тому що за умові їх систематичного і цілеспрямованого здійснення вони перебудовують і оптимізують весь процес навчання.

Так, міжпредметні зв'язки трактуються як самостійний дидактичний принцип (М.М. Левін, Н.О. Лошкарьова, В.Н. Максимова, С.А. Рашкова), як дидактична умова (В.Д. Хомутський, В.Н. Федорова, В.Н. Максимова, А.В. Усова, Н.М. Черкес-Заде), як педагогічна умова (Ф.П. Соколова). Існує думка, що це система роботи вчителя й учнів, що сприяє використанню змісту суміжних дисциплін у навчанні (П.Г. Кулагін). Також міжпредметні зв'язки відносять до засобів формування в учнів матеріалістичного поняття про взаємозалежність явищ природи (В.П. Щуман).

Проаналізувавши всілякі тлумачення, ми зупинилися на означенні міжпредметних зв'язків як логічної системи викладання і навчання, обумовленої інтеграційними процесами в сучасній освіті. Цінність виявлення і здійснення міжпредметних зв'язків у навчально-виховному процесі полягає не тільки у формуванні в школярів інтегрованих знань, умінь і навичок, але й у появі нових ідей інтеграції, тобто в процесі навчання міжпредметні зв'язку виконують не тільки навчальну і розвиваючу функції, але і виховну.

Найбільше яскраво раніше і зараз виражені в школі стійкі зв'язки фізики і математики. Існує думка, що міжпредметний зв'язок “фізика – математика” грунтується на основі загальних фізико-математичних понять (функція, відношення, змінна, величина, залежність, вектор, геометричні перетворення і т.д.). Зокрема, математичні моделі ефективно “працюють” при розв’язуванні фізичних задач, без яких не може бути реалізоване надійне засвоєння і розуміння фізики.

Аналіз сучасних вимог до процесу навчання, вивчення педагогічної і методичної літератури з проблеми міжпредметних зв'язків, програм шкільних курсів фізики і математики, а також ряду загальноприйнятих в Україні і країнах СНД підручників, узагальнення практичного досвіду вчителів фізики і математики, проведення і наступна обробка результатів анкетувань, опитувань, зрізів знань дозволяє зробити наступні висновки.

1) У методичній літературі, присвяченій застосуванню математичних методів, найбільша увага приділена математичному моделюванню, тоді як цілий ряд методів математичної логіки (аксіоматичний, дедукція, повна і неповна індукція, доведення від супротивного), різних математичних прийомів (перетворення виразів, розв’язування рівнянь, нерівностей та їх систем, дослідження функцій, виконання дій з векторами) практично не знаходять відображення ні в публікаціях, ні в роботі вчителів фізики.
2) У підручниках фізики і математики використовується різна символіка і термінологія; допускаються неточності та помилки при викладанні матеріалу про функції, вектори, похідну і первісну; використовуються такі поняття, що ще не вивчалися в суміжній дисципліні.
3) Вивчення похідної у 11-м класі викликає суттєві труднощі у викладанні теми “Електромагнітні коливання” відповідно до вимог програми з фізики.

Підвищити якість навчання фізиці, на наш погляд, можна шляхом формування в учнів певної бази математичних знань, математичного мислення в умовах *диференціації* фізичної освіти, що досягається через *індивідуальний підхід* до школярів.

По-перше, зміст понять, засвоюваних учнями на уроках математики і фізики, стане для них свідомо контрольованим, тому що відбувається:
– перетворення навчального матеріалу, а не тільки спостереження чи прослуховування його готових форм (*диференціація*);
– перетворення засвоюваного матеріалу в пряму мету цих дій, досягнення якої у визначених умовах виступає як розв'язування навчальної задачі (*мотивація*).

По-друге, навчання фізики, засноване на математичному мисленні, і одночасний процес застосування математичних знань в іншій предметній області сприяють розвитку якостей, що характеризують рівень розвитку індивідуальних інтелектуальних можливостей: компетентність, ініціатива, творчість, саморегуляція, унікальність складу розуму (*індивідуалізація*). Наявність цих якостей дозволяє характеризувати ефективність освітніх процесів.

Ми вважаємо, що такий підхід до міжпредметних зв'язків фізики і математики як до методичної системи сприяє справжній свідомості навчання фізики, а вчителям дозволяє вирішувати важливі задачі, пов'язані з ідеями диференціації, індивідуалізації і гуманізації процесу навчання:
– інтелектуальне виховання школярів на основі формування уявлень про цілісність знань; забезпечення посильности їхньої навчальної діяльності;
– оволодіння теорією на рівні фізичних понять;
– уміння застосовувати свої знання на практиці взагалі й у нестандартних ситуаціях, зокрема.

Таку удосконалену систему узгодженого навчання фізики і математики, засновану не на дискретній реалізації міжпредметних зв'язків, ми назвали *математизацією фізичних знань учнів*.

Під математизацією фізичних знань ми розуміємо підвищення рівня викладання фізики відповідно до нової концепції і проекту стандарту освіти на основі альтернативних програм завдяки значному росту якості математичної підготовки школярів**.** Мова йде не про математизацію шкільного курсу фізики (у змісті насичення математичним апаратом змісту шкільного курсу фізики), а про психолого-педагогічний процес навчання учнів фізиці через адекватне застосування математичних знань.

У ***другому розділі*** – "Методика організації роботи з математизації фізичних знань учнів основної школи" – досліджено розвиток методичної системи міжпредметних зв'язків фізики і математики до рівня математизації фізичних знань учнів у реалізації таких її етапів:
– правильне використання загальної символіки і термінології;
– узгоджене формування деяких фізичних і математичних понять;
– адекватне та широке використання математичних методів і прийомів;
– створення математичних ідей, висування математичних гіпотез для розв'язування фізичних проблем під час роботи з обдарованими дітьми.

1. При теоретичному виявленні зв'язків між фізичними величинами можуть використовуватися методи математичної логіки (аксіоматичний метод, дедукція, повна і неповна індукція, доведення від супротивного), геометричні методи (координатний, векторний, метод геометричних місць і геометричних перетворень і т.д.), при емпіричному – методи математичної статистики. У даному дисертаційному дослідженні розглянуте застосування математичних методів при розв'язуванні деяких фізичних задач і виведеннях формул.

А. *Аксіоматичний метод.*

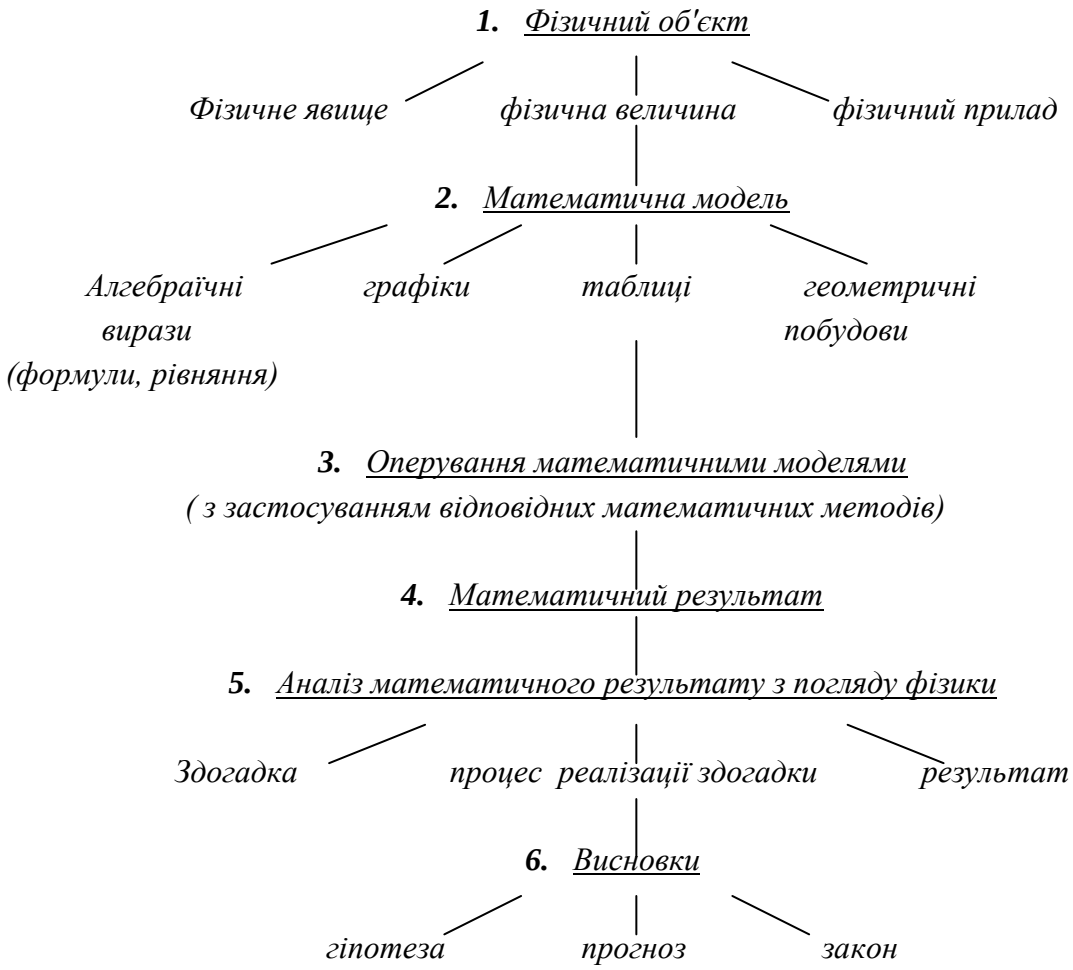
Справедливість більшості фізичних законів підтверджується результатами експериментів. Таким чином, фізичні закони навряд чи можна вважати аксіомами, тому що вони доводяться експериментально чи аналітично, а це суперечить означенню аксіоми. Але на наш погляд, це не означає, що аксіоматичний метод у фізиці не можна застосовувати: якщо за основу прийняти фізичні твердження, отримані експериментально, тоді твердження, отримані шляхом логічної дедукції, є доведеними. (Наприклад, якщо експериментально підтвердити II закон Ньютона, тоді закони збереження як логічні наслідки доведені, і навпаки).

Б. Математичне моделювання

Застосування будь-якого математичного методу при вивченні фізичних знань проходить через моделювання, коли здійснюється перехід від фізичного об'єкта до математичної моделі. Ми вважаємо, що математичне моделювання – не метод, а одна з фаз процесу пізнання, що здійснюється за допомогою абстракції, аналізу, синтезу та узагальнення. На наш погляд, математичне моделювання в шкільному курсі фізики викликає виникнення певних зв'язків (див. мал. 1).

В. *Індукція і дедукція*.

Фактично будь-яке виведення формули у фізиці – своєрідна задача на доведення. Однак у процесі доказу може використовуватися не тільки дедуктивний метод, але й індуктивний.



мал. 1

Індуктивний метод може використовуватися, наприклад, при вивченні газових законів у 10 класі, тобто спочатку вивчаються закони Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля (кожен закон можна підтвердити експериментально), а потім – рівняння Клайперона. Прикладом індуктивного методу може служити і використання методу розмірності при виведеннях деяких формул та розв'язуванні задач, у яких значення коефіцієнта пропорційності не має суттєвого значення (наприклад, визначити швидкість звуку у металі).

Г. *Метод доведення від супротивного.*

Цей метод в шкільному курсі фізики мало використовується. Частково це порозумівається тим, що фізичні задачі з вимогою довести те чи інше твердження зустрічаються рідко в збірниках задач, підручниках. Але і ця невелика кількість задач на доведення в основному розв'язується методом неповної дедукції. У дисертації розглянуті такі задачі та їх розв'язання з використанням цього методу доведення.

2. На етапі формування спільних фізико-математичних понять реалізацію запропонованої удосконаленої системи міжпредметних зв'язків ми розглянули на основі такої класифікації фізичних формул і рівнянь, що вивчаються у шкільному курсі фізики:

– що відображають функціональні залежності між фізичними величинами;
– що містять векторні фізичні величини чи їх проекції на обрані вісі;
– що містять фізичні величини, одна з яких є похідної від іншої.

3. Найбільш важливим, з погляду методики, етапом математизації знань з фізики є створення математичних гіпотез для розв'язування фізичних проблем. На нашу думку, реалізація цього етапу найбільш доцільна при навчанні фізики в класах фізико-математичного профілю та при роботі з обдарованими дітьми, тому що проблемний метод викладання дозволяє виявити рівень обдарованості школяра, а в цілому сприяє розвитку загальних і спеціальних здібностей учнів. Реалізувати даний етап запропонованої методики можна, створивши "проблемну" групу з обдарованих дітей, робота якої спрямована на пошук нових фізичних ідей, пов'язаних з використанням математичного апарата. Підготовкою цьому може служити складання і розв'язування комплексних завдань з фізики та математики, пошук різних виведень формул і рівнянь, створення та проведення експериментів і т.д.

Експериментальна перевірка запропонованої нами удосконаленої системи міжпредметних зв'язків фізики та математики проводилася в кілька етапів.

На першому етапі (1996-1998) здійснювався теоретичний аналіз проблеми. Була визначена тема і робоча гіпотеза дослідження, проведені анкетування вчителів фізики й учнів 7-11-х класів загальноосвітніх шкіл м. Одеси та Одеської області. У результаті цієї частини експериментальної роботи були зроблені наступні висновки:

1) відповідна програма з математики (фізики) враховується тільки вчителями, що викладають обидва предмети, незважаючи на те, що усіма учителями вказувалися невідповідності в програмах, що стосуються формування понять вектор і векторна величина, викладання основ диференціального числення й електромагнітних коливань;
2) навички розв'язування квадратних рівнянь (через дискримінант чи за теоремою Вієта, зокрема) та систем рівнянь при розв'язуванні задач з фізики учнями не використовуються; не застосовується також часто уживаний у геометрії метод доказу від супротивного.
3) наявність невідповідностей програм з математики та фізики;

4) Знання учнів з фізики та математики не завжди досить глибокі і міцні, особливо в старших класах. Учні цілком ототожнюють поняття вектор і векторна величина, функція і функціональна залежність між фізичними величинами, не володіють у достатній мері навичками застосування математичних знань.
5) Більшість учнів старших класів не бачать доцільності вивчення деяких розділів математики, не розуміють, де математичні знання можна застосувати, хоча вивчення механіки, термодинаміки й електродинаміки тісно пов'язане із застосуванням практично всього шкільного математичного апарату. Саме застосування математичного апарата у фізику для учнів також досить серйозна проблема.

Саме ці висновки визначили створення методичної системи розвитку міжпредметних зв'язків фізики і математики, розроблену в даному дисертаційному дослідженні.

Для перевірки ефективності розробленої методики ми провели серію експериментальних і контрольних уроків у 9-х класах по темі "Нерівномірний прямолінійний рух", а в 10-х класах по темі "Напруженість електричного поля" з урахуванням вимог вибірки, а саме, типу шкіл, статі учнів, їхньої успішності по фізиці. У 9-х класах результати враховувалися за підсумками минулого року навчання, тобто по 5-тибальній системі оцінювання, тому що уроки проводилися наприкінці вересня – початку жовтня й оцінити успішність учнів по 12-бальній системі не уявлялося можливим. У 10-х класах за основу взяті підсумки за I семестр вже по 12-бальній системі оцінювання відповідно до методичних рекомендацій Міністерства освіти і науки України

Педагогічний експеримент проводився в сімох школах, де було відібрано 7 експериментальних класів і 8 контрольних класів. Кількість учнів, що приймали участь в експерименті, – 339 учнів 9-х класів (СШ № 33, 63, 84, 65, 81, 86 м. Одеси і Нерубайська гімназія №1 Одеської області), з них 162 учня – в експериментальних і 177 учнів – у контрольних класах і 344 учня 10-х класів (СШ № 33, 38, 63, 81, 84, 106 р. Одеси і Нерубайська гімназія №1 Одеської області), з яких 168 учня – в експериментальних і 176 учнів – у контрольних класах.

Наприкінці кожного уроку в експериментальному і контрольному класах ми проводили письмове опитування школярів, а саме: тестування – у 9-х класах, контрольні роботи – у 10-х. Аналіз результатів цих робіт проводився з використанням:

– критерія Колмогорова О.М.– Смирнова Н.В. для вибірок однакового обсягу (у кожному випадку відбиралося по 150 перевірочних робіт);
– статистичного порівняння якості виконання письмових завдань.

Рівень вірогідності отриманих результатів визначався за методикою М.І. Грабаря та К.О. Краснянської. Похибка вимірювань визначалася за формулою: $$\Delta k \approx 2 \cdot \sqrt{k \frac{100 - k}{m}},$$

де k– середнє арифметичне правильно засвоєних елементів теми (виражене у відсотках):
m– кількість учнів, охоплених перевіркою.

У нашому випадку $\Delta k \approx 4{,}7\%$, тобто на 95% можна бути впевненим, що справжній результат експерименту відрізняється від обмірюваного не більш, ніж на 4,7%.

Таким чином, виявилися доведеними висунуті в гіпотезі нашого дослідження припущення про те, що розвиток міжпредметних зв'язків до рівня математизації знань дозволяє підвищити результати самостійної роботи учнів з розв'язування фізичних задач,

обробці результатів фізичного експерименту, аналізу різних формул і рівнянь з погляду їхньої варіативності і реалізації; розвити конвергентне і дивергентне мислення учнів, що привело до підвищення ефективності навчання фізиці в цілому.

Крім цього, можна стверджувати, що реалізація розробленої методики привела в експериментальних класах до значного підвищення рівня і якості фізичних знань учнів, якщо показниками підвищення ефективності навчання вважати дані про те, що:

1. Програмний матеріал засвоєний дітьми з меншою витратою зусиль і часу.
2. Знання, уміння та навички, що здобуваються на уроках фізики, в умовах застосування методики математизації знань стають більш міцними та глибокими.
3. Навчальний процес з фізики стає мотивованим, тому що навчання застосуванню математичних методів при виведеннях формул, розв'язуванні фізичних задач дозволить домогтися розуміння школярами суті фізичних явищ та процесів. Більш того, в умовах регулярного застосування математичних методів у фізиці підвищується і рівень математичних знань школярів.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

1. Методика навчання фізики в середній загальноосвітній школі може бути модифікована з урахуванням застосування математичних знань на уроках фізики, тому що відбувається перетворення навчального матеріалу, а не просте спостереження чи прослуховування його готових форм; перетворення засвоюваного матеріалу в пряму мету цих дій, досягнення якої у визначених умовах виступає як розв'язування навчальної задачі.
2. Математизація фізичних знань може ефективно здійснювати навчальну, розвиваючу й управлінську функції. По-перше, навчання фізиці, засноване на математичному мисленні, і одночасний процес застосування математичних знань в іншій предметній області сприяють розвитку інтелектуальної компетентності, ініціативи, творчості, саморегуляції. По-друге, зміст понять, засвоюваних учнями на уроках фізики, стане для них свідомо контрольованим.
3. Удосконалений підхід до міжпредметних зв'язків фізики і математики сприяє інтелектуальному вихованню школярів на основі формування уявлень про цілісність знань і забезпеченню посильності навчальної праці. Правильне використання математичної термінології і символіки; погоджене формування фізичних і математичних понять; використання математичних методів, моделей, прийомів дозволяє сформувати артикульованість, гнучкість, швидкість актуалізації, оперативність і посильність знання, володіння не тільки декларативним знанням (про те, "що"), але і процедурним (про те, "як").
4. Визначено можливі причини того, що знання учнів з фізики та математики не завжди досить глибокі і міцні, і знайдені шляхи їхнього усунення. Зокрема, це пред'явлені нами вимоги до використання єдиної символіки і термінології при позначенні тих самих об'єктів, до погодженого формування понять функція і функціональна залежність, вектор і векторна величина, похідна й інтеграл, до формування в школярів навичок застосування математичних методів і прийомів.
5. Застосування методики математизації фізичних знань усуває багато недоліків, що зв'язані з неузгодженим за часом календарним плануванням, недоліками в змісті підручників фізики і математики.

6. Доведені можливості і методична доцільність використання в шкільному курсі фізики аксіоматичного методу, методу доведення від супротивного, прийомів розв’язування квадратних рівнянь, знаходження суми арифметичної прогресії при виведеннях формул, розв’язуванні задач.
7. Складено технологічні карти уроків із застосуванням векторного методу, методу доведення від супротивного, методу розмірності, прийомів розв’язування квадратних рівнянь, властивостей функцій та їх графіків.
8. На основі застосування методики математизації розроблені форми роботи з обдарованими дітьми: організація роботи “проблемної” групи учнів, спрямованої на складання і розв’язування комплексних завдань з математики і фізики, пошук різних виведень формул і рівнянь, проведення експериментів, а також народження нових фізичних ідей, зв'язаних з використанням математичного апарата.
9. Аналіз вивченості питання і стану практики застосування міжпредметних зв'язків фізики і математики дозволив визначити можливість використання математичних знань у шкільному курсі фізики. Педагогічний експеримент у цьому напрямку дав позитивні результати і дозволив сформулювати методичні рекомендації для вчителів фізики 9-11-х класів по реалізації результатів нашого дослідження у навчально-виховному процесі. Надзвичайно важливим ми вважаємо і те, що наші рекомендації відповідають сучасним вимогам до середньої фізичної освіти, а саме, реалізації ідей інтеграції, генералізації, диференціації, індивідуалізації, гуманізації у навчальному процесі.

Незважаючи на те, що педагогічний процес обходить стороною математизацію знання в середній і у вищій школах, що, на наш погляд, зв'язано з негативним відношенням у вітчизняній методології до математичного формалізму, немає ніяких підстав турбуватися за майбутнє даної методики. При дотриманні умов адекватного застосування математичних знань і сьогодні, і в майбутньому методика математизації фізичних знань може стати засобом і фактором підвищення фізико-математичної культури школярів.

Таким чином, основними задачами перед педагогічною наукою по проблемі узгодженого викладання фізики і математики на найближчі роки і більш віддалену перспективу можна вважати:

1. В області створення і подальшого розвитку навчальної бази:

– редагування підручників математики і фізики у аспекті застосування єдиної символіки і термінології;

– створення нових програм з математики та фізики, де будуть враховані вимоги узгодженого вивчення цих шкільних дисциплін.

2. В області подальшого удосконалювання і підвищення педагогічної майстерності вчителів:

– розробку нових рекомендацій для вчителів фізики і математики, студентів фізико-математичних факультетів педагогічних вузів по впровадженню методики математизації фізичних знань учнів;

– проведення семінарів для учителів фізики і математики на курсах поглибленої перепідготовки при інститутах удосконалення вчителів з питань використання єдиної фізико-математичної термінології і символіки, узгодженого формування деяких фізичних і математичних понять, застосування математичних методів і прийомів у шкільному курсі фізики і т.п.

– обговорення питань узгодженого викладання фізики і математики на шкільних, районних і міських методичних об'єднаннях;
– здійснення координації у практичній роботі учителів фізики і математики в школах.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ ВІДОБРАЖЕНИЙ У ТАКИХ РОБОТАХ

1. Ордановська О.І.,[1] Редько Г.Б. Удосконалення підготовки вчителів фізики // Фізика та астрономія в школі.– 1998.–№2.– С. 22, 34, 43, 53, 55.
2. Ордановська О.І., Редько Г.Б. Деякі питання використання апарату математичного аналізу в шкільному курсі фізики // Проблеми освіти: Наук.-метод. зб. .-К.: ІЗМН, 1998.– Вип. 13.-С.100-104.
3. Ордановська О.І. Математизація фізичних знань учнів у середній загальноосвітній школі // Наукові записки: Зб. наук. Статей НПУ ім. М.П. Драгоманова.–К.: НПУ.– 1999.– Ч. 4.– С.14-23.
4. Ордановська О.І., Анісімов А.Ю., Дон О.М., Молодцова В.В., Толпєкіна Г.М., Редько Г.Б. Про дослідження з методики фізики в Одесі // Наука і сучасність: Зб. наук. статей НПУ ім. М.П. Драгоманова.– К.: НПУ, 1999.– С. 47-52.
5. Єфремова О. Психолого-педагогічні основи методики математизації фізичних знань учнів // Педагогічні науки: Зб. наук. праць.– Вип. 15.– Херсон: Айлант.– 2000.– С. 40-42.
6. Єфремова О.І. Один з аспектів математизації фізичних знань учнів // Проблеми методики викладання фізики на сучасному етапі.– Зб.статей.– Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В.Винниченка, 2000.– С. 113-115.
7. Ордановська О.І., Редько Г.Б. Щодо формування поняття вектор в середній школі // Науковий вісник ПДПУ , В. 1.– Одеса, "Вість".– 1997.– С. 67-72.
8. Ордановська О.І. Підвищення якості підготовки майбутніх вчителів фізики завдяки математизації їх фізичних знань. // Науково–методичний збірник "Методичні особливості викладання фізики на сучасному етапі", Ч. 2, Кіровоград, КДПУ.– 1998.– С. 89-90.
9. Ордановська О.І. Деякі питання діагностики досягнень учнів у засвоєнні фізичних понять //Дидактичні проблеми фізичної освітив Україні: Матеріали науково-практичної конференції.– Чернігів: ЧДПУ ім. Т.Г. Шевченка. 1998.– С. 116-120.
10. Ордановська О.І. Проблемна група обдарованих дітей в школі // Матеріали Всеукраїнської конференції " Методичні проблеми учнівських і студентських олімпіад та особливості роботи з обдарованою молоддю".– К.: ІЗМН.– 1998.– С. 225-228.
11. Єфремова О.І. Математизація фізичних знань учнів шкіл з поглибленим викладанням фізики // "Рішельєвські читання"Матеріали Всеукраїнської науково-методичної конференції , Одеса: "Астропринт".– 1999.– С. 101-102.
12. Єфремова О.І. Удосконалення навчання фізики шляхом математизації знань // Тези доповідей V Всеукраїнської наукової конференції "Фундаментальна та професійна підготовка фахівців з фізики".– К.: НПУ.– 2000.– С. 119.
13. Єфремова О.І. Розвиток міжпредметних зв'язків у навчанні фізиці і математиці (методичні рекомендації учителям фізики 9-11 класів).– Одеса.– ОІУВ.– 32 с.

У роботі 1 автору належить ідея створення нової множини чисел для розв'язування фізичних задач на взаємодію тардіонів, люксонів та тахіонів. У роботі 2 автору належить вивчення питання про узгодженість викладання елементів початків аналізу та електроди-

[1] Ордановська О.І. – призвіще Єфремової О.І. до одруження.

наміки. У роботі 4 автору належать ідеї математизації фізичних знань учнів. У роботі 7 автор оцінювала викладання матеріалу про вектори і векторні величини у шкільних підручниках геометрії і фізики.

АНОТАЦІЯ

Єфремова О.І Міжпредметні зв'язки фізики та математики в 9-11-х класах середньої загальноосвітньої школи. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата педагогічних наук за спеціальністю 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізики). – Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова, Київ, 2001.

Дисертація присвячена питанню розвитку міжпредметних зв'язків фізики та математики в умовах реалізації нової концепції та проекту стандарту шкільної фізичної освіти, а саме, здійснення інтеграції, генералізації, диференціації, індивідуалізації, гуманізації у навчальному процесі. Основна ідея дисертаційного дослідження полягає в тому, що підвищити якість фізичних знань учнів можна завдяки адекватному і широкому використанню математичного апарату. Визначені методичні вимоги до тлумачення та змісту міжпредметних зв'язків. Доведені можливість та необхідність застосування єдиної символіки та термінології при визначенні спільних фізико-математичних понять; узгодженого формування деяких фізичних та математичних понять (функція та функціональна залежність між змінними фізичними величинами, вектор та векторні величини, похідна у математиці та фізиці); використання математичних методів (аксіоматичного, дедукції, індукції, доведення від супротивного, векторного, координатного), прийомів (розв'язування рівнянь, нерівностей та їх систем, знаходження суми *n* членів арифметичної прогресії і т.і.). Запропоновані деякі форми роботи з обдарованими дітьми на основі висування нових математичних ідей для рішення фізичних проблем.

Основні результати дослідження знайшли відображення у методичних рекомендаціях для вчителів фізики по запропонованій методиці розвитку міжпредметних зв'язків фізики та математики.

Ключові слова: міжпредметні зв'язки, методична система, математичний метод, моделювання.

АННОТАЦИЯ

Ефремова А.И. Межпредметные связи физики и математики в 9-11-х классах средней общеобразовательной школы. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата педагогических наук по специальности 13.00.02 – теория и методика обучения (физике). – Национальный педагогический университет имени М.П. Драгоманова, Киев, 2001.

Диссертация посвящена вопросу развития межпредметных связей физики и математики в условиях реализации новой концепции и проекта стандарта школьного физического образования, а именно, осуществление интеграции, генерализации, дифференциации, индивидуализации, гуманизации в учебном процессе. Основная идея диссертационного исследования состоит в том, что повысить качество физических знаний учеников можно благодаря адекватному и широкому использованию математического аппарата. Разработана методическая система развития межпредметных связей физики и математики, названная в диссертационном исследовании математизацией физических знаний учащихся.

Определены методические требования к толкованию и содержанию межпредметных связей. Доказаны возможность и необходимость применения единой символики и терминологии при оперировании общими физико-математическими понятиями; согласованного формирования некоторых физических и математических понятий (функция и функциональная зависимость между переменными физическими величинами, вектор и векторная величина, производная в математике и физике); использование математических методов (аксиоматического, дедукции, индукции, доказательство от противного, векторного и координатного методов), приемов (решение уравнений, неравенств и их систем, нахождение суммы *n* членов арифметической прогрессии и т.п.). Предложены некоторые формы работы с одаренными детьми на основе выдвижения новых математических идей для решения физических проблем.

К основным результатам исследования относятся:

1. Методика обучения физике в средней общеобразовательной школе может быть модифицирована с учетом применения математических знаний на уроках физики, так как происходит преобразование учебного материала, а не просто наблюдение или прослушивание его готовых форм; превращение усваиваемого материала в прямую цель этих действий, достижение которой в определенных условиях выступает как решение учебной задачи.
2. Математизация физических знаний может эффективно осуществлять обучающую, развивающую и управленческую функции. Во-первых, обучение физике, основанное на математическом мышлении, и одновременный процесс применения математических знаний в иной предметной области способствуют развитию интеллектуальной компетентности, инициативы, творчества, саморегуляции. Во-вторых, содержание понятий, усваиваемых учащимися на уроках физики, станет для них сознательно контролируемым.
3. Усовершенствованный подход к межпредметным связям физики и математики способствует интеллектуальному воспитанию школьников на основе формирования представлений о целостности знаний и обеспечению посильности учебного труда. Правильное использование математической терминологии и символики; согласованное формирование физических и математических понятий; использование математических методов, моделей, приемов позволяет сформировать артикулированность, гибкость, быстроту актуализации, оперативность и легкодоступность знания, владение не только декларативным знанием (о том, “что”), но и процедурным (о том, “как”).
4. Применение методики математизации физических знаний устраняет многие нерешенные проблемы, связанные с несогласованным по времени календарным планированием, недочетами в содержании учебников по физике и математике.

Основные результаты исследования нашли отображения в методических рекомендациях для учителей физики по предложенной методике развития межпредметных связей физики и математики.

Ключевые слова: межпредметные связи, методическая система, математический метод, моделирование.

ANNOTATION

Yefremova A.I. The intersubject connections of physics and mathematics in 9-11-th forms of the secondary school.– Manuscript.

Thesis for the candidate's degree of pedagogical sciences on a speciality 13.00.02 - theory and methods of teaching physics.- of training (physics). -M. P. Dragomanov National Pedagogical University, Kiev, 2001.

The dissertation is dedicated to the problem of development of intersubject connections of physics and mathematics in conditions of implementation of the new concept and project of the standard of school physical education, namely, implementation of federating, generalization, differentiation, individualization in educational process. The basic idea of research is what to improve the quality of physical knowledge of the pupils it is possible due to adequate and broad usage of the mathematical knowledge. The methodical system of development of intersubject connections of physics and mathematics called in research the mathematization of physical knowledge of the pupils.

A capability and necessity of application of unified symbolics and terminology at an operation to common physical and mathematical concepts are demonstrated; matched formation of some physical and mathematical concepts (function and functional connection between variable physical quantities, vector and vector quantity, derivative in mathematics and physics); usage of mathematical methods (axiomatic, deduction, inductions, proof by contradiction, vectorial and coordinate methods, solution of equations, disparities and their systems, finding of the sum of the n members of arithmetic progression etc.). Some forms of work with gifted children are offered on the basis of moving out of new mathematical ideas for the solution of physical problems.

Key words: intersubject connections, methodical system, mathematical method, modelling.