Міністерство освіти та науки України
Криворізький державний педагогічний університет

Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики

Збірник наукових праць

Том 2

Кривий Ріг
Видавничий відділ КДПУ
2001

УДК 371

Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ КДПУ, 2001. – Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. – 392 с.

Збірник містить статті з різних аспектів дидактики фізики і проблем її викладання в вузі та школі. Значну увагу приділено проблемам розвитку методичних систем навчання фізики та застосування засобів нових інформаційних технологій навчання фізики у шкільній та вузівській практиці.

Для студентів вищих навчальних закладів, аспірантів, наукових та педагогічних працівників.

Редакційна колегія:

В.М. Соловйов, доктор фізико-математичних наук
Є.Я. Глушко, доктор фізико-математичних наук
О.І. Олейніков, доктор фізико-математичних наук
Я.В. Шрамко, доктор філософських наук, професор
В.І. Хорольський, доктор технічних наук, професор
О.А. Учитель, доктор технічних наук, професор
І.О. Теплицький, відповідальний редактор
С.О. Семеріков, відповідальний секретар

Рецензенти:

В.М. Назаренко – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри інформатики, автоматики та систем управління Криворізького технічного університету

А.Ю.Ків – д-р фіз.-мат. наук, професор, завідувач кафедри теоретичної фізики Південноукраїнського державного педагогічного університету (м. Одеса)

Затверджено Вченою радою Криворізького державного педагогічного університету (протокол №7 від 08.02.2001 р.)

ISBN 966-8302-42-5

ДЕЯКІ ЗАУВАЖЕННЯ ЩОДО ВИВЧЕННЯ НАПІВПРОВІДНИКІВ ТА НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПРИЛАДІВ У КУРСІ ФІЗИКИ СЕРЕДНЬОЇ ШКОЛИ

А.А. Бондар[1], Б.Д. Нечипорук[2], В.І. Тищук[2]
[1] м. Дубно, Дубенський коледж Рівненського державного гуманітарного університету
[2] м. Рівне, Рівненський державний гуманітарний університет

Рівень використання напівпровідників та напівпровідникових приладів значно перевищує рівень їх вивчення у курсі фізики середньої школи. Вперше учні знайомляться з напівпровідниками при вивченні розділу "Електричний струм у різних середовищах". Так, у [1] зазначено: "Вимірювання показують, що в ряді елементів (кремній, германій, селен тощо) і сполук (PbS, CdS та ін.) питомий опір з підвищенням температури не зростає, як у металів, а навпаки, різко зменшується. Такі речовини і називають напівпровідниками.". Дане означення, на нашу думку, не є вичерпним на рівні середньої освіти тому, що:

1) з підвищенням температури електропровідність зростає не тільки для напівпровідників, але й для електролітів;
2) електропровідність напівпровідників залежить не тільки від температури, але й від дії інших зовнішніх факторів (освітленості, механічної напруги тощо).

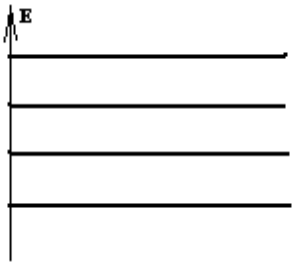
Розглянемо введення поняття "напівпровідник" у [2] та [4]. Напівпровідниками автори називають речовини, питомий опір яких при кімнатній температурі займає проміжне положення між питомим опором типових провідників та питомим опором діелектриків і знаходиться в інтервалі від 10^{-3} до 10^{7} Ом·м. Саме таке означення напівпровідників наведене в енциклопедіях (наприклад, у [5]). Далі у [2] та [4], як характерна особливість, подається залежність питомого опору напівпровідників від зовнішніх впливів (освітленості, механічної напруги, температури тощо).

Ми вважаємо, що саме значну залежність електропровідності напівпровідників від зовнішніх впливів і варто використати при введенні поняття "напівпровідник", відмовившись при цьому від "енциклопедичного означення" (адже, відомі напівпровідники, питомий опір яких при кімнатній температурі не попадає в ін-

тервал від 10^{-3} до 10^{7} Ом·м). Саме так вводиться поняття "напівпровідник" у [3].

Найбільш повне, на нашу думку, означення напівпровідників можна подати в процесі вивчення квантової теорії, залишивши в розділі "Електричний струм у різних середовищах" вивчення власної та домішкової провідності напівпровідників, теорію *p–n* переходу, принцип дії напівпровідникових діода та транзистора. Що стосується самого поняття "напівпровідник", то варто відмітити лише те, що напівпровідники – це клас речовин, провідність яких, значно вища ніж в ізоляторах і залежить від зовнішніх впливів (температури, освітленості, механічної напруги) та подати їх класифікацію (класифікація подана, наприклад, у [5]).

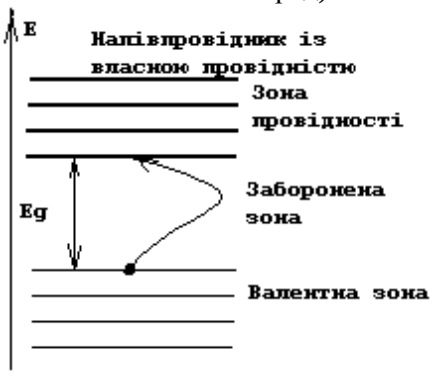
Введення поняття "напівпровідник" та їх відмінності від провідників та діелектриків радимо провести, використовуючи елементи зонної теорії. Зробити це можна, наприклад, таким чином.



Згідно із законами квантової механіки електрони в атомі та в кристалі можуть мати лише певні (дозволені) значення енергії. В атомі ці енергетичні рівні розміщені порівняно далеко один від одного. При певних умовах електрони можуть переходити з одного рівня на інший. Коли атоми об'єднуються в кристал, частина електронів, як і раніше залишається на своїх орбітах, але найбільш віддалені від ядра електрони мають можливість переміщуватися по всьому кристалу завдяки тому, що зовнішні орбіти сусідніх атомів перекриваються. А це означає, що і енергетичні рівні, які раніше належали окремим атомам, стають загальними для всього кристалу. Замість дискретних рівнів у кристалі утворюються енергетичні зони, які складаються із дуже близько розміщених рівнів. Електрони, які знаходяться на цих рівнях, називають валентними електронами. Енергетичні зони розділені проміжками, в яких немає жодного енергетичного рівня. Ці проміжки називають забороненими зонами. При найменшій можливій температурі, рівній абсолютному нулю, енергетичні рівні послідовно знизу вгору (починаючи з найменших

значень енергії) заповнюються електронами у відповідності з принципом Паулі (згідно з яким на кожному рівні у даному стані може знаходитись тільки один електрон), а рівні з більшими значеннями енергії залишаються вільними. Різний ступінь заповнення енергетичних зон, а також відмінності у їх відносному розміщенні дозволяють розділити всі тверді тіла на діелектрики, напівпровідники та провідники. Від діелекрика напівпровідник відрізняється шириною забороненої зони, яка відділяє валентну зону від зони провідності (у напівпровідників ширина забороненої зони менша ніж в діелектриків). При T=0 валентна зона в напівпровіднику як і у діелектрику заповнена. Оскільки ширина забороненої зони у напівпровіднику невелика, то при зміні зовнішніх умов, які приводять до збільшення енергії електронів, частина електронів здатна перейти у зону провідності. В цьому випадку на рівень, залишений електроном може переміститися інший електрон із валентної зони. Таким чином, можна слідкувати не тільки за рухом самих електронів, але і за рухом "порожніх місць" у валентній зоні, покинутих електронами. Ці "порожні місця" називають дірками. Зрозуміло, що у цьому випадку кількість електронів рівна кількості дірок. В такому випадку електричний струм у напівпровіднику буде зумовлений двома факторами:

1) рухом електронів, які перейшли із валентної зони у зону провідності;
2) рухом дірок (їм, на відміну від електронів, приписують позитивний заряд).

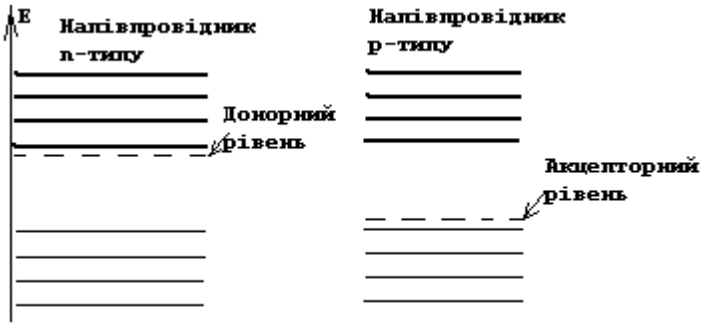


Таким чином, у напівпровіднику електричний струм зумовлюють електрони в зоні провідності та дірки у валентній зоні. Така провідність напівпровідника називається власною. При збільшенні температури росте кількість електронів, які переходять у зону провідності, а значить росте кількість дірок у валентній зоні. Це означає, що збільшується кількість носіїв заряду (росте

електропровідність).

У природі майже не існує напівпровідників із власною провідністю. Найчастіше, напівпровідники містять домішки інших речовин. Наявність цих домішок зумовлює появу у забороненій зоні напівпровідника додаткових енергетичних рівнів, з яких або на які можливі переходи електронів.

Можна підібрати домішки, які легко віддають свої електрони. Причому, їх енергетичні рівні розміщені в забороненій зоні ближче до зони провідності. Такі домішки називають донорними. Зрозуміло, що при однаковій температурі електронам із донорних рівнів легше перейти у зону провідності ніж електронам із валентної зони. Але при цьому не буде рости кількість дірок у валентній зоні. Тому, провідність напівпровідника буде електронною або *n*–типу.



Існують домішки, атоми яких легко приєднують електрони (так звані акцепторні домішки). Енергетичні рівні, на яких розміщуються ці електрони, знаходяться у забороненій зоні ближче до валентної зони. Зрозуміло, що електронам легше перейти із валентної зони на ці додаткові акцепторні рівні домішки, ніж в зону провідності. В цьому випадку, у валентній зоні зросте кількість дірок без збільшення кількості електронів. Таку провідність називають дірковою або p-типу.

Подібний виклад матеріалу дає можливість підвищити науковий рівень викладання курсу фізики та сприяє формуванню в учнів уміння аналізувати фізичні явища на енергетичному рівні, що є більш загальним.

У курсі фізики загальноосвітньої школи опис фотоопорів складається лише з кількох речень. Навіть уважне прочитання їх

не створює повної картини усіх явищ, пов'язаних із фотопровідністю. Візьмемо, наприклад, залежність чутливості фотоопорів від довжини електромагнітних хвиль, що падають на них. Приведемо пояснення, яке можна запропонувати учням 11 класу.

Освітимо напівпровідниковий кристал світлом певної довжини хвилі. Відомо, що світло – потік квантів (фотонів), енергія кожного з яких рівна $E_\phi = h\nu = hc/\lambda$, де h – стала Планка, ν – частота та λ – довжина світлової хвилі. (якщо енергію фотона E_ϕ вимірювати у електронвольтах (1 еВ=1,6·10^{-19} Дж), а довжину світлової хвилі λ у мікрометрах, то для енергії фотона отримаємо наближену рівність $E_\phi \approx 1{,}24/\lambda$).

Очевидно, що світловий квант здатен вибити електрон тільки тоді, коли $E_\phi > E_g$ (E_g – ширина забороненої зони). Енергії $E_\phi = E_g$ відповідає значення λ, яке називають червоною межею власного внутрішнього фотоефекту.

При поглинанні такого кванту світла в кристалі напівпровідника виникає електронно-діркова пара. Збільшення провідності кристалу під дією світла, зумовлене не зміною температури кристалу, а збільшенням кількості вільних носіїв, яке виникає в результаті поглинання квантів світла, прийнято називати фотопровідністю. Поглинання кванту світла, яке супроводжується появою вільних носіїв: електрона, дірки або електронно-діркової пари, називається внутрішнім фотоефектом. Враховуючи все вищесказане, можна привести означення напівпровідникого фоторезистора. Фоторезистор – це напівпровідниковий прилад, опір якого змінюється під дією світла за рахунок внутрішнього фотоефекту.

Для закріплення вищесказаного варто розв'язати з учнями задачу: "З'ясувати, яке світло: інфрачервоне, видиме чи ультрафіолетове – необхідне для утворення вільного електрона в Ge (E_g=0,72 еВ), SiC (E_g=3,2 еВ), C(алмаз) (E_g=5,6 еВ)".

Наступна задача може бути запропонована в класах із поглибленим вивченням фізики: "Нехай ми маємо напівпровідники, подані у таблиці. Якщо вирізати з кожного з них пластинку і подивитись крізь неї на світло, то що ми побачимо?"

Напівпровідники	InSb	Ge	Si	InP	GaAs	GaP	SiC
E_g, еВ	0,17	0,72	1,1	1,3	1,4	2,3	3,2

Запропонуємо такий варіант розв'язання цієї задачі. Найменша енергія світлових квантів відповідає найбільшій довжині хвилі видимого діапазону (червоний колір, $\lambda \approx 0{,}75$ мкм, $E_\phi = 1{,}65$ еВ). Це значення енергії більше за E_g для InSb, Ge, Si, InP, GaAs. Це означає, що крізь пластини, виготовлені з цих напівпровідників, ми нічого не побачимо. Для GaP енергія E_g більша за енергію квантів червоного, рожевого та жовтого кольорів ($\lambda_ж \approx 0{,}55$ мкм, $E_\phi = 2{,}25$ еВ), але менша за енергію квантів зеленого світла ($E_\phi = 2{,}5$ еВ). Звідси випливає, що пластина із GaP матиме червоно-рожевий відтінок. Значення $E_g = 3{,}2$ еВ для SiC перевищує найбільшу енергію фотонів видимого світла (фіолетовий колір, $\lambda \approx 0{,}4$ мкм, $E_\phi = 3{,}1$ еВ). Значить, пластина із даного напівпровідника пропускатиме весь видимий діапазон і буде виглядати прозорою.

У [6] (№865, №866) йде мова про темновий опір фоторезистора. Варто повідомити учням, що темновий опір фоторезистора R_m визначається темновою провідністю напівпровідникового матеріалу та його геометричними розмірами. Для фотоопорів різних типів він лежить у межах від 10^2 до 10^8 Ом.

Стосовно використання фоторезисторів. Прилади для вимірювання температури нагрітих тіл по спектральному складу теплового випромінювання називають пірометрами. Чутливість напівпровідникових пірометрів у 10 разів вища ніж у оптичних. Фоторезистори на основі напівпровідників, чия спектральна характеристика фотопровідності має максимум в області видимого світла (CdS, CdSe), використовуються у приладах, які вимірюють рівень штучної та природньої освітленості. Фотоопори служать чутливими елементами нефелометрів – приладів для визначення мутності рідин, суспензій, коллоїдних розчинів. Принцип дії нефелометра такий. Світловий потік від каліброваного джерела світла, пройшовши крізь мутне середовище, попадає на фотоопір. Чим вищий ступінь замутненості середовища, тим менше світла потрапляє на фотоопір, а значить – більший його опір.

Використання всього вищенаведеного при вивченні напівпровідників та напівпровідникових приладів у курсі фізики сприяє підвищенню наукового рівня та систематичності знань, які учні отримують у школі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Фізика: Підручник для 10 кл. серед. шк. – К.: Рад.шк., 1992. – 256 с., іл.
2. Кабардин О.Ф., Орлов В.А., Эвенчик Э.Е. и др. Под ред. Пинского А.А. Физика: Учеб. для 10 кл. шк. и кл. с углубл. изуч. физики, 3-е изд. – М.: Просвещение, 1997. – 415 с., ил.
3. Гончаренко С.У. Фізика: Пробн. навчальний посібник для ліцеїв та класів природничо-наукового профілю. 10 клас. – К.: Освіта, 1995. – 430 с.
4. Методика преподавания физики в средней школе: Молекулярная физика. Электродинамика: Пособие для учителя / Шамаш С.Я., Эвенчик Э.Е., Орлов В.А. и др. Под ред. Шамаша С.Я. – 2-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1987. – 256 с., ил.
5. Электроника: Энциклопедический словарь / Гл. ред. Колесников В.Г. – М.: Сов. энциклопедия, 1991. – 688 с., ил.
6. Римкевич А.П. Збірник задач з фізики для 9-11 класів середньої школи. – 11-те вид. – К.: Освіта, 1993. – 239 с.

Зміст

О.В. Авраменко, В.С. Жердій. Умови проходження хвиль над локальною донною неоднорідністю 3
П.С. Атаманчук, О.М. Ніколаєв, О.М. Семерня. Методичні та технологічні особливості впровадження еталонних вимірників якості знань у навчанні фізики 7
Р.М. Балабай, Н.В. Моисеенко. Заметки по поводу использования компьютеров в теоретической физике твердого тела 13
Б.І. Бєшєвлі, Л.В. Сулименко, О.В. Шавиріна. Порівняння тестового та екзаменаційного контролю знань 18
І.Т. Богданов, О.В. Сергєєв. Інноваційний підхід до формування продуктивної діяльності студентів при вивченні фізики 23
А.А. Бондар, Б.Д. Нечипорук, В.І. Тищук. Деякі зауваження щодо вивчення напівпровідників та напівпровідникових приладів у курсі фізики середньої школи 31
М.М. Борис, Р.І. Пазюк, Р.М. Пелещак, І.Р. Ступак. Графічний спосіб розв'язування задач на зіткнення абсолютно пружних тіл38
В.І. Бурак. Методика вивчення явища електромагнітної індукції у восьмих класах фізико-математичного профілю 42
Б.М. Валійов, В.С. Волкодав, В.Д. Єгоренков. Вільні осі та центр удару 48
Б.М. Валійов, В.Д. Єгоренков, В.І. Овчаренко. Демонстраційні експерименти з інтерференції та дифракції 53
Э.В. Валиев, Л.П. Кузнецова, Д.В. Михайлицкий. Нетрадиционная методика демонстрационного эксперимента по вопросам строения вещества с использованием компьютерного моделирования 57
О.І. Васильцова. Сприяння розвитку пізнавальної активності учнів через використання учбових конференцій та семінарів..... 64
В.П. Вовкотруб. Реалізація вимог педагогічної ергономіки до інформаційно-предметного середовища навчальних фізичних кабінетів 66
В.П. Вовкотруб, В.П. Моренець, О.О. Сулима. Розв'язування задач з виробничим змістом як засіб розширення політехнічного світогляду учнів..... 75
Ю.М. Галатюк, І.С. Войтович, М.В. Остапчук. Формування наукового світогляду учнів у процесі виконання творчих лабораторних робіт 79

М.М. Голоденко, Ю.М. Гриценко, Я.Г. Біличенко, О.В. Періг. Комп'ютерний розрахунок нелінійних електричних кіл..... 85
М.М. Голоденко, Ю.М. Гриценко, А.Ф. Прун, П.С. Чекар. Комп'ютерна навчальна гра допомагає вивчати фізику в авіаційному коледжі 86
М.М. Голоденко, В.С. Сьомкін, А.З. Калімбет, М.С. Кисельов. Комп'ютерне моделювання досліду Резерфорда 88
В.Н. Горбач, А.Я. Сало. Моделирование магнитных полей соленоидальных магнитных систем 90
И.Я. Гордиенко, А.И. Гусаренко. Повышение эффективности самостоятельной работы студентов по физике в вузах..... 95
А.Г. Григорович, В.Г. Григорович, Р.І. Лукін, Р.М. Сосяк. З досвіду розробки та впровадження моделюючих навчальних програм у шкільний курс фізики 98
Г.Ю. Груднєв. Розробка мультімедійного інтерактивного полілінгвістичного курсу фізики у інтегрованому середовищі програмування Visual Basic 6..... 104
Л.В. Гуляєва, Т.В. Гуляєва. Дослідження рівня навчальних досягнень школярів за 12-бальною шкалою..... 108
С.О. Даньшева, Є.Г. Копанець, Г.М. Подус. Методика використання комп'ютерних технологій при викладанні фізики 117
А.В. Джеренова. Сравнительный анализ дидактических структурных единиц по физике: общеобразовательная школа – техникум – вуз..... 120
Е.А. Дмитриева, В.Н. Кадченко. Использование компьютерной модели опыта Милликена при изучении дискретности электрического заряда..... 125
Е.В. Дудьянова. Схема ориентировочной основы действия при изучении кинематики..... 128
М.І. Задорожній, О.М. Задорожній. Обчислення лабораторних робіт з фізики за допомогою електронних таблиць 133
А.М. Захаров. Теоретичні основи екологічної освіти й виховання при вивченні курсу загальної фізики на нефізичних спеціальностях 136
А.Р. Казачков, Н.А. Макаровский, С.Н. Бовсуновская, Е.Н. Бондаренко, Д.В. Зиолковский, А.Ю. Шипицына. Опыт студенческого научного исследования: иллюзия Пульфриха..... 141
М.В. Каленик. Перевантаження учнів навчальним змістом і обсяг

текстів підручників з фізики 146
Є.В. Канаков. Дослідження радіаційного фону Криворіжжя .. 151
В.О. Ківа, В.П. Ржепецький. Шляхи поліпшення викладання фізики в загальноосвітній школі 154
В.О. Ківа, І.В. Харченко. Розвиток конструкторських здібностей при вивченні фізики 156
А.П. Кислицын, П.А. Комозынский, В.Г. Падалка. Компьютерное моделирование некоторых физических объектов, явлений и процессов 160
А.П. Кислицын, П.А. Комозынский, В.Г. Падалка. Использование компьютерной техники для организации лабораторного практикума по физике при заочной и дистанционной формах обучения 163
Г.Т. Климко, А.С. Миненко, А.С. Анедченко. Компьютерное моделирование эргодической теоремы и статистических распределений 166
Л.М. Кнорозок, М.П. Руденко. Формування експериментальних умінь учнів 11 класу під час вивчення питань геометричної оптики 167
О.А. Коновал. Магнітне поле і струми зміщення постійних струмів 169
А.А. Коновал. Магнитное поле как релятивистский эффект 173
Е.Г. Копанец, С.О. Даньшева, И.Ф. Омельяненко, Г.Н. Подус. Методика повышения качества преподавания физики в строительном вузе 176
С.М. Костарєва. Особистісно-орієнтоване навчання фізики .. 179
Ю.Є. Крот. Роль викладача фізики в період комп'ютеризації та дистанціювання навчального процес 181
М.Г. Кузьменко, Р.І. Шматкова, Р.В. Яремко. Активізація пізнавальної діяльності курсантів в процесі вивчення курсу фізики186
И.М. Лагунов, Т.П. Гордиенко. Применение схемотехнического моделирования в курсе общей физики 191
Л.О. Лісіна. Критерії ефективності і результативності формування пізнавальної активності школярів у процесі вивчення предметів фізико-математичного циклу 201
В.М. Макидон. Індивідуальний підхід на уроках фізики 207
Р.М. Менумеров. Демонстрация электродинамических сил взаимодействия элементов электрического тока 213

О.О. Морква. Науково-дослідницька робота учнів як шлях до формування інтелектуальних вмінь 215
О.В. Москаленко. Перші кроки до цифрової голографії..... 219
В.О. Мислінчук, В.І. Тищук. Вдосконалення електромонтажних умінь при виконанні учнями короткотривалих фронтальних лабораторних робіт з фізики 223
Р.В. Олейник, В.П. Овчаренко, А.П. Костиков, А.З. Калимбет. Эффективные технологии подготовки студентов к педагогической практике 233
О.Ю. Орлянський. Прозорість і простота викладання 238
О.І. Песін, О.Ю. Свистунов. Удосконалений експеримент для вивчення електричного поля в курсі фізики середньої школи 242
В.В. Петренко. Шляхи подолання дезадаптації студентів–першокурсників природничих факультетів у початковий період навчання у вузі 243
С.В. Повар. Інтегративні підходи до проблеми розв'язування задач з фізики 247
В.Г. Погребняк, И.Д. Романенко. Самостоятельная работа студентов по физике и взаимоотношения преподаватель-студент253
Г.П. Половина. Винахідницькі задачі в проблемі розвиваючого навчання 261
М.Н. Половина, Р.С. Тутік, О.В. Шульга. Елементи математичного моделювання при розв'язуванні задач з фізики 265
Т.Н. Попова. Составление задач в системе обучения решению физических задач..... 269
Ю.І. Посудін. Диференційне викладання фізики і біофізики... 278
Ю.В. Рева. Ефективні форми організації навчання 281
С.Є. Редько. Дослідження магнітного поля..... 288
Г.Б. Редько, Г.М. Толпекіна. Стратегія навчання фізиці 290
В.П. Ржепецький, В.О. Ківа, Ю.О. Курбатов. Викладання теми «Обертальний рух» в школі 292
С.І. Саричева. З досвіду роботи з обдарованими та здібними учнями з фізики 297
Ю.М. Сверділ, О.М. Сверділ. Організація самостійної роботи учнів при вивченні курсу фізики 300
В.П. Сергієнко. Поєднання навчальної та науково-дослідної праці майбутніх вчителів фізики, з метою удосконалення їх професійної підготовки 303

Е.А. Сизько, С.П. Юдин. Установка для исследования зависимости периода колебаний физического маятника от амплитуды 309
О.Н. Смойловський, Р.С. Тутік. Шкільний фізичний експеримент у домашніх умовах 315
В.В. Соловйов, Л.П. Давиденко. Шляхи поліпшення навчально-пізнавальної діяльності студентів при вивченні фізики у ВНЗ 320
В.В. Соловйов, Л.П. Давиденко. Підвищення ефективності навчання студентів шляхом впровадження модульної побудови курсу фізики у ВНЗ 322
Н.Л. Сосницька. Схема вивчення дидактичного блоку фізичної теорії на основі сучасних технологій навчання 324
Р.С. Усік. Активізація пізнавальної діяльності учнів на уроках фізики 334
Н.В. Федішова. Пропедевтична підготовка студентів-фізиків до виконання фізичних лабораторних практикумів 342
Н.В. Федішова, Ю.М. Ковальов. До варіативності вивчення фізичних основ мікроелектроніки 350
Н.В. Федішова, І.О. Настащук, А.В. Столярчук. Посилення практичної спрямованості фізичного практикуму в навчанні фізики за природничо-математичним профілем 353
О.В. Федорова. Термодинаміка міжфазного шару в металокомпозиті 357
А.А. Хараджян. О возможности применения современных программных продуктов на занятиях по физике 363
Я.В. Цехмістер. Загальне і особливе у методичних підходах до викладання профільних предметів природничого циклу в Українському медичному ліцеї 366
С.А. Циганівський. Оптичні дослідження за допомогою лазера 375
Л.А. Шаповалова. Використання мови графів як одного із засобів реалізації міжпредметних зв'язків у сучасній середній школі 378
О.В. Щербина. Рентгенівські спектри та електронна будова речовини 384

Наукове видання

Теорія та методика навчання
математики, фізики, інформатики

В 3-х томах

Том 2

Підп. до друку 12.04.2001 Формат 80х84 1/16.
Бумага офсетна №1 Зам. №4-1101
Ум. друк. арк. 20,66 Наклад 500 прим.

Видавничий відділ Криворізького державного педагогічного університету
КДПУ, 50086, Кривий Ріг-86, пр. Гагаріна, 54

E-mail: cc@kpi.dp.ua