

Підставляючи отримані з (11) значення  $\varphi_n = n\pi/(k-1)$  до (3), можна отримати дискретний спектр частот:

$$\omega_n = \omega_0 |\sin(\varphi_n/2)|/\sqrt{2}. \quad (12)$$

Оскільки  $\sin(\pi - z) = \sin z$ ,  $\sin(\pi + z) = -\sin z$ , то значення частот, які не повторюються, будуть виникати лише при зміні  $\varphi_n$  в межах від 0 до  $\pi$ , тобто при зміні індексу  $n$  від 0 до  $k-1$  включно. Таким чином, ми отримаємо  $k$  відмінних значень власних частот.

Повернемося тепер до питання про виникнення смуг прозорості та непрозорості. Як відомо, що при переході від однієї ізольованої ланки (осцилятора) до двох зв'язаних виникає відомий ефект розштовхування власних частот. При подальшому збільшенні кількості ланок власні частоти заповнюють деякий інтервал, причому віддалі між сусідніми точками поступово зменшується. Отже, можна стверджувати, що смуги прозорості виникають на місці власних частот.

Аналогом даного ефекту може служити відоме в фізиці твердого тіла утворення енергетичних зон за рахунок взаємодії атомів з дискретними енергетичними рівнями.

Матеріал, викладений у даній статті, може бути корисним також при викладенні курсу загальної фізики та спецкурсів, присвячених поширенню хвиль у різноманітних середовищах та системах.

#### Список використаних джерел:

1. *Зубов В.И.* Колебания и волны. — Л., изд-во Ленинградского ун-та, 1989.
2. *Карлов Н.В., Кириченко Н.А.* Колебания, волны, структуры. — М., Физматлит, 2003.
3. *Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П.* Теория волн. — М., Наука, 1990.
4. *Мигулин В.В., Медведев В.И., Мустель Е.Р., Парыгин В.Н.* Основы теории колебаний. — М., Наука, 1988.
5. *Рабинович М.И., Трубецков Д.И.* Введение в теорию колебаний и волн. — М., Наука, 1984.
6. *Анісімов І.О.* Коливання і хвилі. — К., Академпрес, 2003.

Отримано: 1.06.2004

УДК 373.6:537.8

В.І.Бурак

*Криворізький державний педагогічний університет*

### ГЕНЕРАЛІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМУ В ОСНОВНІЙ ШКОЛІ

Обґрунтовується доцільність генералізації курсу електромагнетизму в основній школі навколо понять електромагнітної взаємодії та електромагнітного поля.

The advisability generality of the electromagnetism course in the basic school round such notions as: electromagnetic interaction and electromagnetic field had been grounded.

Генералізація знань заслужено вважається ефективним засобом вдосконалення змісту і структури шкільного курсу фізики (ШКФ). На першому ступені навчання фізики (7, 8 класи сучасної середньої школи) генералізацію знань здійснюють у двох взаємопов'язаних напрямках [1]: 1) на основі *осягнення суті фізичних явищ* шляхом поступового опанування все більш складних форм руху матерії, починаючи з простих (явищний підхід); 2) на основі *фундаментальних фізичних теорій* (на доступному для учнів рівні), а саме, двох об'єднуючих теорій — основних положень про будову речовини, пов'язаних з молекулярно-кінетичною теорією, та початкових уявлень про будову атома, пов'язаних з елементами електронної теорії. Останнім часом намітилась тенденція до запровадження (перш за все в старших класах) ще двох напрямів генералізації: 3) на основі фундаментальних фізичних понять; 4) на основі методологічних знань.

Метою даної роботи є обґрунтування доцільності і аналіз можливого варіанту генералізації курсу електромагнетизму в основній школі (7-9 класи 12-річної школи) в умовах диференціації навчання.

На нашу думку, основою подальшого розвитку змісту і структури курсу електромагнетизму в основній школі може стати *генералізація* навчального матеріалу курсу навколо *понять електромагнітної взаємодії (ЕМВ) і електромагнітного поля (ЕМП)*. За традиційною методикою поняття ЕМП вводять в старших класах. Генералізацію курсу електродинаміки в старших класах навколо поняття ЕМП запропоновано С.С.Каменецьким [2]. На першому ступені вивчають лише окремо електричне і магнітне поля, а в умовах 12-річної середньої освіти — у 9-му класі вивчатимуть ще й явище електромагнітної індукції, залишаючи поза увагою питання про існування ЕМП. Водночас, згідно

державного стандарту базової і повної середньої освіти [3], курс фізики 7–9 класів повинен мати відносно завершений характер і надавати учням систему знань про основні фізичні явища, в тому числі й про явища електромагнетизму. Тому можна стверджувати про доцільність формування в свідомості учнів на якісному рівні поняття ЕМВ і ЕМП саме в основній школі. Це відповідає висновкам психології розумової діяльності, згідно яких ефективними є змістове узагальнення і формування узагальнених доступних учням розумових дій.

Пропонуємо врахувати орієнтацію на вивчення поняття електромагнітного поля вже в назві *частини фізики «Електромагнітні явища і електромагнітне поле»* та її розділів: «Електричні явища і електричне поле»; «Магнітні явища і магнітне поле»; «Явище електромагнітної індукції і електромагнітне поле».

Послідовність формування понять ЕМВ і ЕМП може бути наступною.

#### Глава 1. «Початкові уявлення про ЕМВ і ЕМП»

У Главі 1, яка є своєрідним вступом до всього курсу електромагнетизму, необхідно за порівняно невелику кількість логічних і методичних кроків сформувати у свідомості учнів початкові якісні достатньо узагальнені уявлення про ЕМВ і ЕМП і дійти до попереднього умовиводу: 1) згідно сучасних уявлень існує ЕМВ, котру в окремих випадках можна розділити на електричну та магнітну взаємодію; 2) ЕМВ передається у вакуумі зі швидкістю  $3 \cdot 10^8$  м/с; 3) існує ЕМП, а електричне і магнітне поля — це два види (прояви) єдиного ЕМП; наявність електричного чи магнітного поля залежить від вибору системи відліку; 4) ЕМП має енергію; 5) існує два види матерії — речовина і поле.

### 1.1. Початкові уявлення про електричну взаємодію (ЕВ) і електричне поле (ЕП)

1. Поняття ЕВ, електрично зарядженого тіла (частинки) та електричного заряду вводимо при вивченні явища електризації тертям виключно між електрично зарядженими тілами [4]. В цьому випадку учні будуть чітко розуміти, що ЕВ пов'язана із взаємодією електрично заряджених тіл (частинок). Аргументуємо наявність двох родів електрично заряджених частинок — позитивно і негативно.

2. Обґрунтовуємо, що навколо електрично заряджених частинок (тіл) існує ЕП. Наголошуємо, що ЕП невіддільне від електрично зарядженої частинки (тіла), що ЕП виявляють за його дією на електрично заряджені частинки (тіла).

### 1.2. Початкові уявлення про магнітну взаємодію (МВ) і магнітне поле (МП)

1. Перш за все показуємо учням, що індикатором наявності МП може бути магнітна стрілка. Для цього спочатку наводимо коротку історичну довідку про існування природних магнітів і про те, що Земля є велетенським магнітом. Демонструємо орієнтацію магнітної стрілки відносно географічних полюсів Землі та відносно постійних магнітів (нефарбованих). Зазначаємо, що магнітна стрілка теж є невеличким магнітом із умовними північним та південним полюсами, введеними на основі орієнтації магнітної стрілки відносно географічних полюсів Землі. Обґрунтовуємо, що навколо Землі та постійних магнітів існує МП, котре і чинить орієнтаційну дію на магнітну стрілку. Використання нефарбованих постійних магнітів продиктовано тим, щоб не формувати у свідомості учнів невірне уявлення про магнітні полюси.

2. Посилаємось на чітко встановлений експериментальний факт, що магнітна стрілка орієнтується певним чином навколо рухомих електрично заряджених частинок, і підводимо учнів до висновку: навколо рухомих електрично заряджених частинок (тіл) існує МП. Тобто ми одразу формуємо у свідомості учнів узагальнені уявлення, що навколо нерухомих електрично заряджених частинок (тіл) існує ЕП, а навколо рухомих — як ЕП, так і МП.

### 1.3. Початкові уявлення про ЕМВ і ЕМП

1. Переконаємо учнів в тому, що оскільки електрично заряджена частинка в одній системі відліку може бути нерухомою, а в іншій рухатись, то наявність електричного чи магнітного полів залежить від вибору системи відліку. Таким чином, ми формуємо початкові уявлення учнів про *відносність електричного та магнітного полів* та надаємо їм початкові докази того, що існує ЕМП, а електричне і магнітне поля — це два види (прояви) ЕМП, причому наявність електричного чи магнітного полів залежить від вибору системи відліку.

2. Наводимо достатньо переконливий доказ існування ЕМП у вигляді електромагнітних радіохвиль, які поширюються у вакуумі зі швидкістю  $3 \cdot 10^8$  м/с. Розкриваємо, що ЕМВ, в тому числі ЕВ і МВ мають характер близькодії і передаються у вакуумі зі швидкістю  $3 \cdot 10^8$  м/с.

3. Переконаємо учнів, що ЕМП, в тому числі ЕП і МП мають енергію.

4. Розширюємо уявлення учнів про два види матерії — речовину і поле.

Як бачимо, для формування початкових достатньо узагальнених уявлень про ЕМВ і ЕМП, відібрано тільки найбільш важливий навчальний матеріал. При цьому орієнтуємось в основному на використання індукції як методу наукового пізнання. Отримані початкові уявлення про ЕМВ і ЕМП застосовуються та поглиблюються, конкретизуються та збагачуються при

подальшому вивченні електромагнітних явищ шляхом оптимального поєднання дедукції та індукції.

## Розділ 1. «Електричні явища і електричне поле»

У даному розділі ми пропонуємо структурно виділити три глави: Гл. 2 «Електрична взаємодія і електричне поле»; Гл. 3 «Електричний струм в різних середовищах»; Гл. 4 «Закони постійного електричного струму».

### Глава 2. «Електрична взаємодія і електричне поле»

Поглиблюємо формування у свідомості учнів понять ЕВ і ЕП.

1. Демонструємо наявність провідників і діелектриків та зазначаємо про наявність напівпровідників, тобто трьох типів провідності. Формуємо поняття електричного заряду як фізичної величини. Вивчаємо узагальнені властивості електричного заряду: закон збереження електричного заряду (один із фундаментальних законів фізики); інваріантність електричного заряду; подільність та дискретність електричного заряду, відомості про електрон.

2. Вивчаємо будову атомів та іонів. Використовуємо отримані знання для пояснення механізму електризації тіл тертям.

3. Для посилення уявлень учнів про ЕП вводимо поняття ліній ЕП та їх напрямку [5]. Теоретичні уявлення синхронно підтверджуємо експериментально. Особливу увагу звертаємо на те, що реально існує тільки ЕП, а лінії поля є уявними і їх вводять для уяочнення наших уявлень про поле.

5. Взаємодія між електрично зарядженими тілами чи частинками із електрично незарядженими розглядаємо тільки після вивчення будови атома [4], коли учні в змозі осягнути, що дія електрично заряджених тіл чи частинок на незаряджені пов'язана із тим, що до складу останніх входять електрично заряджені частинки, тобто із дією ЕП зарядженого тіла чи частинки на електрично заряджені частинки незарядженого тіла.

Для пояснення механізму дії ЕП на електрично незаряджені тіла та механізму електризації тіл через наведення надаємо учням, виходячи із будови атома, початкові уявлення про будову металів і діелектриків, а потім на доступному для учнів рівні пояснюємо механізм електростатичної індукції у металах чи поляризації в діелектриках.

6. Узагальнюємо уявлення учнів про ЕП. **ЕП** — це один із видів (проявів) електромагнітного поля; ЕП — це вид матерії, завдяки якому здійснюється електрична взаємодія (зі швидкістю  $3 \cdot 10^8$  м/с у вакуумі); навколо електрично заряджених частинок (тіл) існує ЕП; лінії цього ЕП починаються на позитивно заряджених та закінчуються на негативно заряджених частинках; ЕП виявляють за його дією на електрично заряджені частинки (тіла); ЕП має енергію.

### Глава 3. «Електричний струм в різних середовищах»

Вивчення поняття *електричного струму (ЕС)* ми пропонуємо поєднати із темою «Електричний струм у різних середовищах». В цьому випадку ми зможемо обґрунтовано надати учням узагальнене уявлення, що ЕС уявляє собою рух як негативно, так і позитивно електрично заряджених частинок на прикладі металів, електролітів, газових розрядів та електричного струму у вакуумі, більш доказово продемонструвати дію ЕС, а також власне розглянути на якісному рівні ЕС в різних середовищах.

1. Надаємо учням поняття ЕС. Підводимо учнів до висновку, що необхідною умовою існування ЕС є

наявність вільних електрично заряджених частинок та ЕП (джерела ЕП). Розглядаємо різні види джерел ЕС.

2. Вивчаємо елементи електричного кола. Вводимо поняття напрямку ЕС. Аналізуємо напрямку ЕС для напрямленого руху позитивно та негативно заряджених частинок. Допомогаємо учням замітити, що основними частинками, рух яких може привести до появи ЕС, можуть бути електрони та іони.

3. Аналізуємо механізм ЕС в металах. Звертаємо увагу учнів на те, що швидкість впорядкованого руху електронів дуже маленька (менше 1 мм/с), в той час як швидкість поширення струму пов'язана зі швидкістю передачі електромагнітної взаємодії у вакуумі,  $3 \cdot 10^8$  м/с. Спостерігаємо теплову дію ЕС.

4. Задаємо питання проблемного характеру: чи існує поле навколо металевого провідника без струму?; навколо провідника зі струмом?; яке поле? Актуалізуємо знання учнів, що навколо нерухомої електрично зарядженої частинки існує ЕП, навколо рухомої — ЕМП, тобто як електричне, так і магнітне поля. Висловлюємо гіпотезу, що навколо провідника зі струмом повинно існувати МП. Демонструємо фундаментальний досвід Ерстеда і переконуємось в справедливості нашого припущення. Таким чином, ми дедуктивно демонструємо магнітну дію ЕС. Ще суттєвішим є те, що учні більш свідомо сприймають магнітну дію ЕС, ніж за традиційної методики.

Пропонуємо одразу розглянути і зворотне явище: дію МП на провідник зі струмом: використовуємо нефарбований дугоподібний магніт і при двох напрямках ЕС демонструємо дію МП на провідник зі струмом. Крім того, демонструємо орієнтацію рамки зі струмом у МП. Цей матеріал потрібен для доказового введення одиниці вимірювання сили струму 1А і для розуміння принципу дії електровимірювальних приладів.

5. Вивчаємо будову електролітів та іонних розплавів і відповідно — явище електролітичної дисоціації та термодисоціації. Аналізуємо іонний механізм ЕС в електролітах та іонних розплавах. Спостерігаємо за явищем електролізу та відмічаємо теплову, магнітну і, перш за все, хімічну дію ЕС. Приводимо приклади використання електролізу.

6. Аналізуємо, яким чином із електронейтральних молекул та атомів газу можна отримати вільні електричні заряди. Розглядаємо види іонізації. Спостерігаємо за явищем протікання ЕС через підігріте від подум'я повітря. Аналізуємо електронно-іонний механізм ЕС в газах. Спостерігаємо і вивчаємо на доступному рівні газові розряди та приклади їх використання. Відмічаємо теплову, магнітну і, перш за все, світлову дію ЕС. Надаємо учням початкові уявлення про плазму — четвертий агрегатний стан речовини.

7. Розглядаємо явище термоелектронної емісії. На прикладі вакуумного діода вивчаємо механізм ЕС у вакуумі. Обґрунтовуємо теоретично і доводимо експериментально односторонню провідність вакуумного діода. Аналізуємо досвід Йюффе, який переконливо демонструє, що навколо рухомих електрично заряджених частинок існує МП.

8. Розглядаємо оглядово будову і механізм провідності в напівпровідниках.

#### Глава 4. «Зако́ни постійного електричного струму»

При вивченні законів постійного ЕС найбільша проблема стосується обґрунтованого введення одиниці вимірювання сили струму 1 А, так як згідно існуючої методики учням незрозуміло, що між провідниками зі струмом існує саме магнітна взаємодія. Крім того, учні вчать користуватись електровимірювальними приладами, по суті не розуміючи принципу їх дії. В рамках запропонованого нами підходу ці методичні труднощі легко вирішити, актуалізуючи отримані раніше учнями знання про магнітну дію ЕС.

## Розділ 2. «Магнітні явища і магнітне поле»

У даному розділі пропонуємо структурно виокремити дві глави: Гл. 5 «Джерела магнітного поля»; Гл. 6 «Магнітна взаємодія».

### Глава 5. «Джерела магнітного поля»

Поглибити формування у свідомості учнів уявлень про джерела МП можна шляхом вдосконалення традиційної методики до вивчення магнітних явищ, взявши за основу підходи, запропоновані в роботах [5; 6].

1. Актуалізуємо початкові знання учнів про МП, яке існує навколо рухомих електрично заряджених частинок, в тому числі навколо провідників зі струмом. Вводимо поняття ліній МП та їх напрямку. Експериментально, за допомогою рисунків та мнемонічних правил свердлика і правої руки вивчаємо картину ліній МП навколо прямого провідника зі струмом та кільця зі струмом. Звертаємо увагу учнів на замкнутість ліній МП.

2. Згідно традиційної методики природа МП постійних магнітів не розглядається взагалі. Єдина природа МП електричного струму і МП постійних магнітів при такому підході обґрунтовується недостатньо, що не забезпечує повноти усвідомлення учнями поняття МП. Цей недолік легко усунути [5; 6].

Уявлення учнів про будову атома достатні, щоб на якісному рівні зрозуміти природу орбітального МП та природу діа-, пара- і феромагнетиків (магнітом яких та магнітотвердих), наявність яких ми доводимо перш за все експериментально. Тобто, пояснення природи МП постійних магнітів ми поєднуємо із темою «Магнітні властивості речовини», без вивчення якої уявлення учнів про магнітні явища та про будову речовини будуть неповними.

3. Вводимо поняття магнітних полюсів, приходимо до висновку про їх умовність та про відсутність магнітних зарядів. Демонструємо взаємодію постійних магнітів (тепер вже офарбованих). Спостерігаємо картину ліній МП штабового постійного магніту. Вивчаємо картину ліній МП котушки (соленоїда) зі струмом. Відмічаємо аналогічність цих картин ліній. Тему «Електромагніти та їх використання» вивчаємо дедуктивно [5; 6].

4. Узагальнюємо знання учнів про джерела МП. Вивчаємо МП Землі, приводимо відомості про МП Сонця та планет Сонячної системи.

### Глава 6. «Магнітна взаємодія»

1. При вивченні сили Ампера за традиційною методикою обмежуються тільки випадком взаємно перпендикулярного розташування провідників зі струмом до ліній поля. На наш погляд, доцільно розглянути й інші випадки. Особливо важливо показати, що МП не діє на провідник зі струмом, розташований вздовж ліній МП. Мнемонічне правило лівої руки можна сформулювати через поняття ліній МП [6]. З метою формування узагальнених уявлень учнів про дію МП, на якісному рівні вивчаємо силу Лоренца [5].

2. На основі правила лівої руки пропонуємо учням проаналізувати взаємодію провідників зі струмом, а потім повторити, як вводять одиницю вимірювання сили струму. Для розширення уявлень учнів про дію МП пояснюємо взаємодію соленоїдів та постійних магнітів, виходячи із взаємодії провідників зі струмом.

3. Традиційно вивчення дії МП на рамку зі струмом здійснюється на емпіричному рівні. Це приводить до поверхового ознайомлення учнів з принципом дії електровимірювальних приладів та електродвигуна постійного струму. Цих недоліків легко уникнути, використовуючи правило лівої руки для обґрунтування причини і напрямку обертання рамки зі струмом у МП.

4. Узагальнюємо уявлення учнів про МП. МП — це один із видів (проявів) електромагнітного поля; МП — це вид матерії, завдяки якому здійснюється МВ (зі швидкістю  $3 \cdot 10^8$  м/с у вакуумі); МП існує навколо **рухомих електрично заряджених частинок** (у тому числі навколо провідників зі струмом і намагнічених тіл); МП виявляють за його дією на рухомі електрично заряджені частинки (у тому числі на провідники зі струмом і намагнічені тіла). Лінії МП замкнуті, магнітних зарядів не існує, полюси МП є умовними. МП має енергію.

### Розділ 3. «Явище електромагнітної індукції і електромагнітне поле»

Поглиблення початкових уявлень учнів про ЕМП, отриманих в Главі 1, та розкриття взаємозв'язку електричних і магнітних явищ найбільшою мірою відбувається під час вивчення явища електромагнітної індукції (ЯЕМІ). У даному розділі пропонуємо структурно виокремити дві глави: Гл. 7 «Суть явища електромагнітної індукції і електромагнітне поле»; Гл. 8 «Практичне використання явища електромагнітної індукції». Методика вивчення розділу базується на підходах, запропонованих в роботах [5; 7].

#### Глава 7. «Суть явища електромагнітної індукції і ЕМП»

1. Здійснимо порівняльну характеристику електричного та магнітного полів і актуалізуємо початкові знання учнів, отримані в Главі 1, про відносність електричного та магнітного полів і про єдине ЕМП.

2. Для посилення уявлень учнів про ЕМП необхідно не лише емпірично розглянути ЯЕМІ, але й розкрити його фізичну суть. Тому, пояснюючи ЯЕМІ, ми чітко розрізняємо дві різні причини його виникнення [5]. Перша причина пов'язана із явищем виникнення індукованих зарядів на кінцях провідника, який рухається в постійному МП, “перетинаючи лінії поля”. Друга причина пов'язана з тим, що змінне МП породжує **вихрове індукційне електричне поле**.

3. Посилаючись на проведені досліди, аналізуємо від чого залежить величина і напрям індукційного струму. Формулюємо правило Ленца.

4. Підкреслюємо, що відкриття явища електромагнітної індукції стало поворотним моментом у розумінні взаємозв'язку та спільної природи електричного і магнітного полів. Підводимо учнів до **узагальнення Максвелла: змінне МП породжує вихрове ЕП і, навпаки, змінне ЕП породжує МП**.

5. Узагальнюємо уявлення учнів про ЕМП, про відносність електричного і магнітного полів і робимо висновок: існує **електромагнітне поле** — вид матерії, завдяки якому здійснюється ЕМВ; швидкість передачі ЕМВ у вакуумі становить  $3 \cdot 10^8$  м/с; ЕМП має енергію; електричне і магнітне поля — це два види (прояви) ЕМП; наявність електричного чи магнітного поля залежить від вибору системи відліку; джерелом ЕП є електрично заряджені частинки (тіла) та змінне МП; джерелом МП є рухомі електрично заряджені частинки та змінне ЕП.

Згадуємо про два види матерії — речовину і поле.

#### Глава 8. «Практичне використання ЯЕМІ»

Підкреслюємо, що використання явища електромагнітної індукції стало одним із найважливіших чинників науково-технічного прогресу. Пропонуємо наступну послідовність вивчення навчального матеріалу [7]: індукційний електричний струм у масивних провідниках; принцип роботи і будова генератора змінного струму; змінний електричний струм; принцип роботи і будова трансформатора; виробництво, передавання та використання електроенергії; електрифікація і охорона природи.

Таким чином, є всі підстави для формування понять ЕМВ та ЕМП на якісному рівні в основній школі. В повній мірі запропоновані підходи можуть бути реалізованими в умовах диференціації навчання для фізико-математичного профілю шляхом оптимального поєднання теоретичного та емпіричного мислення. Більше того, з найбільш обдарованими учнями на факультативних заняттях можна поглибити їх знання про ЕМВ і ЕМП шляхом вивчення закону Кулона, напруженості ЕП, ЕРС та закону Ома для повного кола і законів Кіргофа, індукції МП, потоку індукції МП, законів Ампера і Лоренца, закону електромагнітної індукції. Для звичайних класів при вивченні частини навчального матеріалу необхідно в більшій мірі орієнтуватися на емпіричне мислення, а вивчення деяких тем взагалі перенести в старшу школу.

У запропонованому варіанті методики навчання електромагнетизму просліджується поєднання трьох напрямів генералізації: 1) навколо поняття ЕМВ і ЕМП; 2) навколо фундаментальної теорії електромагнетизму (на якісному рівні); 3) явищний підхід. Зміст і структуру курсу електромагнетизму за даної методики можна організувати таким чином, щоб відобразити і четвертий напрям генералізації — навколо методологічних знань.

#### Список використаних джерел:

1. *Основи методики преподавания физики в средней школе* / Под ред. А.В.Перьшикина, В.Г.Разумовского, В.А.Фабриканта. — М.: Просвещение, 1984. — 398 с.
2. *Каменецкий С.Е., Пустильник И.Г.* Электродинамика в курсе физики средней школы. Пособие для учителей. — М.: Просвещение, 1978. — 127 с.
3. *Державний стандарт базової і повної середньої освіти* // Освіта України. — № 1-2 (400), 20 січня 2004. — С.1-13.
4. *Вознюк М.Ф.* Из досвіду введення поняття електричного заряду в VII класі. — В кн.: Вивчення фізики в школі. — К.: Рад. шк., 1980. — С.77-84.
5. *Бурак В.І.* Генералізація електромагнетизму в загальноосвітніх закладах // Зб. наук. пр. Вип. 55. — Серія: Педагогічні науки. — Кіровоград: РВВ КДПУ. — 2004. — С.26-32.
6. *Бурак В.І.* Зміст і методика вивчення електромагнітних явищ у восьмому класі в умовах диференціації навчання // Фізика та астрономія в школі. — 2002. — № 6. — С.33-37.
7. *Бурак В.І.* Зміст і методика вивчення явища електромагнітної індукції у восьмому класі // Фізика та астрономія в школі. — 2003. — № 6. — С.8-10.

Отримано: 21.05.2004