

**ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені Т.Г. ШЕВЧЕНКА**

# **ВІСНИК**

**Чернігівського національного  
педагогічного університету**

**Випуск 89**

**Серія: ПЕДАГОГІЧНІ НАУКИ**

**Чернігів  
2011**

УДК 371.315.1

Дідович М.М., Дедович В.М.

## СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ЗНАНЬ УЧНІВ ПРО ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ПОЛЕ

*У статті розглядається проблема систематизації знань учнів з фізики. Наводиться один з можливих варіантів організації і проведення заняття задля систематизації знань учнів про електромагнітне поле.*

**Ключові слова:** систематизація знань, електромагнітне поле.

*The problem of systemization of pupil's knowledge in Physics is considered in the article. One of possible variants of organization and realizing of the lesson aimed at the systemization of pupil's knowledge of electromagnetic field is proposed.*

**Key words:** systemization of knowledge, electromagnetic field.

**Постановка проблеми.** У зв'язку із зростанням обсягу знань з фізики, який учні здобувають у середній школі, постає питання: а чи можуть учні скористатися здобутими знаннями, застосувати їх на практиці, утримати в пам'яті, чи знання будуть у них в головах у вигляді хаотичної купи означень, явищ, формул, законів, між якими немає зв'язків і окремі елементи якої легко забуваються. Через це великого значення набуває систематизація знань учнів з фізики. Систематизація – розумова діяльність, в процесі якої розрізнені знання про предмети (явища) об'єктивної дійсності зводяться в єдину наукову систему, встановлюється їхня єдність на основі вибраного принципу. Вона спирається на класифікацію, аналіз і синтез історичних властивостей певної об'єктивної системи [1, с. 304].

Систематизацію не можна плутати з узагальненням. Узагальнення – логічний процес переходу від одиничного до загального чи від менш загального до більш загального знання, а також продукт розумової діяльності, форма відображення загальних ознак і якостей явищ дійсності [1, с. 337].

Над проблемою систематизації знань працювали багато видатних педагогів і методистів: Ю.К. Бабанський, В.О. Онищук, С.У. Гончаренко, О.І. Бугайов та інші. Ними були обґрунтовані твердження про необхідність проведення спеціальних уроків систематизації знань учнів після вивчення значних за обсягом тем та розділів програми, розроблені й сформульовані принципи організації і проведення, відбору матеріалу до цих уроків.

Зокрема, для уроків систематизації знань у навчальному матеріалі потрібно виділити найбільш загальні і суттєві поняття, закони, наукові теорії, провідні ідеї науки, визначити причинно-наслідкові зв'язки і відношення між основними явищами і поняттями. Систематизація навчального матеріалу на уроках є важливим, але не основним завданням. Основне завдання полягає у формуванні системи знань, яка відображається у вигляді теорій і відповідного їй синтезу понять, що подаються у формі фізичних ідей та принципів.

Не варто прагнути на уроках систематизації охопити весь вивчений матеріал. Це неможливо і головне, не потрібно. Потрібно виділити у вивченому матеріалі основні думки, поняття, закони, теорії. Матеріал на уроках систематизації має викладатись під іншим кутом зору, в іншій послідовності, повинні спливати нові факти, які раніше не розглядалися у процесі вивчення матеріалу.

Близько 20 років питанням систематизації знань учнів приділяли недостатньо уваги. Методисти і педагога працювали над іншими проблемами. За цей час змінилися програми і підручники з фізики, змінилися погляди на місце фізики в навчальному процесі. У зв'язку з цим виникла необхідність повернутись до питань систематизації знань учнів з фізики з урахуванням змін у навчальному процесі.

**Метою нашої роботи** є розробка методики організації і проведення уроків систематизації знань учнів про електромагнітне поле при вивченні фізики на профільному рівні. Необхідність проведення таких уроків, на нашу думку, випливає з того, що навчальний матеріал, який виноситься на систематизацію, вивчався в чотирьох темах програми на протязі двох навчальних років: "Електричне поле" – 26 год., "Електричний струм" – 38 год., "Електромагнітне поле" – 30 год., "Електромагнітні коливання і хвилі" – 26 год. Внаслідок великого обсягу навчального матеріалу учні не в змозі самостійно виділити в ньому головне, привести матеріал в певну систему, оцінити важливість тих чи інших понять і закономірностей.

Для систематизації навчального матеріалу ми пропонуємо відвести два уроки. Частина матеріалу повідомляє вчитель, частину матеріалу – учні, заздалегідь визначені та підготовлені вчителем. Керує всім процесом систематизації знань вчитель і він же підводить підсумок.

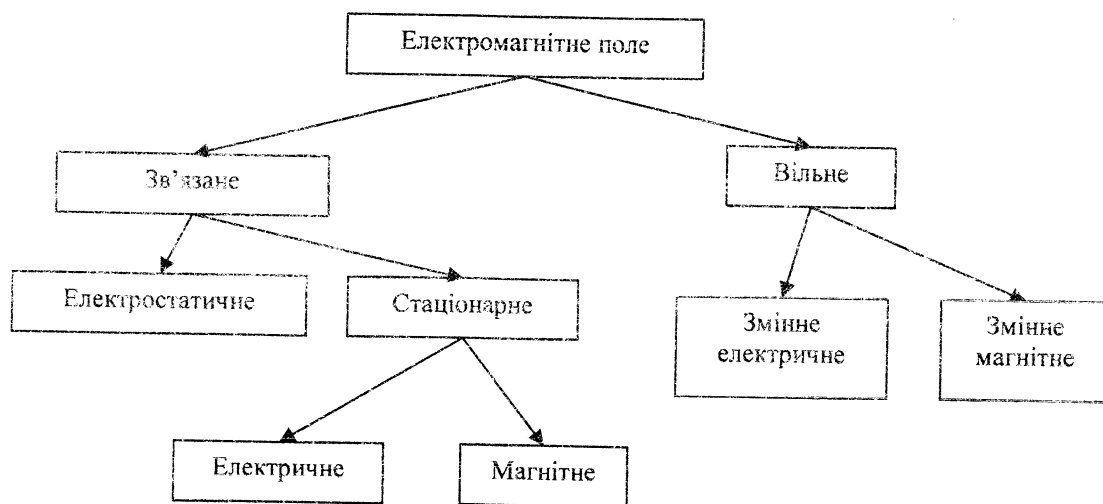
Заняття проводиться за наступним планом.

1. Електромагнітне поле та його окремі прояви.
2. Способи вивчення електромагнітного поля.
3. Відносність електричного і магнітного полів. Рівняння Максвелла.
4. Зв'язані поля.
5. Вільне електромагнітне поле.
6. Різні прояви електромагнітного поля, їх властивості та застосування.
7. Підведення підсумків.

З перших трьох пунктів плану повідомлення робить вчитель, він же підводить підсумки. За 4-6 пунктами плану з повідомленнями, доповідями виступають учні.

1. У вступному слові вчитель подає узагальнену картину вивчення матеріалу, керуючись відповідною блок-схемою (мал. 1). Схема готується заздалегідь у вигляді плакату, малюнку на дошці або проєктується на екран відповідною апаратурою. До схеми вчитель дає мінімальний коментар.

2. Властивості електромагнітного поля вивчаються за його дією на заряджені частинки. Ця дія проявляється двоюко і може бути описана як дія двох різних сил. Одна з сил надає зарядженій частинці прискорення (сповільнює або прискорює рух частинки, змінює напрям швидкості на протилежний) незалежно від того, рухається частинка чи знаходиться у стані спокою і визначається формулою  $\vec{F}_e = q\vec{E}$ . Її називають електричною складовою сили Лоренца.



Мал. 1

Друга сила діє лише на рухому частинку, вона перпендикулярна до швидкості частинки і залежить від модуля швидкості  $\vec{F}_m = q[\vec{v}\vec{B}]$ . Її називають магнітною складовою сили Лоренца. У загальному випадку рівняння руху зарядженої частинки в електромагнітному полі має такий вигляд:  $\vec{F} = q\vec{E} + q[\vec{v}\vec{B}] = m\vec{a}$ .

3. Згідно принципу відносності рівняння руху (вираз для сили Лоренца) не повинні змінювати свого вигляду при переході від однієї системи відліку до іншої, тобто в будь-якій іншій інерціальній системі відліку рівняння руху матиме вигляд  $\vec{F}' = q\vec{E}' + q[\vec{v}'\vec{B}']$ .

З цього випливає, що між векторами  $\vec{E}$  і  $\vec{B}$  в різних інерціальних системах відліку мають виконуватись певні співвідношення. Будемо вважати, що одна ІСВ рухається зі швидкістю  $\vec{v}$  вздовж вісі Х відносно іншої ІСВ. Для нерелятивістського випадку, тобто для руху тіл зі швидкостями, значно меншими від швидкості світла, ці співвідношення такі.

$$E'_x = E_x$$

$$B'_x = B_x$$

$$E'_y = E_y - vB_z$$

$$B'_y = B_y + \frac{v}{c^2} E_z$$

$$E'_z = E_z + vB_y$$

$$B'_z = B_z - \frac{v}{c^2} E_y$$

Ці формули показують, що електричне і магнітне поля відносні, тобто в різних ІСВ їх характеристики  $\vec{E}$  і  $\vec{B}$  різні. Пояснимо це деякими прикладами. Нехай у деякій системі відліку спостерігається однорідне електричне поле. У цій системі відліку магнітне поле не спостерігається, тобто  $\vec{B} = 0$ . У іншій СВ, яка рухається відносно першої, буде спостерігатися, окрім електричного, і магнітне поле, тобто в цій системі відліку буде виявлятися електромагнітне поле. Якщо в деякій системі відліку спостерігається однорідне магнітне поле, то в іншій СВ, яка рухається відносно неї, буде виявлятися і електричне поле, тобто електромагнітне поле. Це означає, що в природі існує електромагнітне поле, яке за певних умов може проявлятися або як електричне, або як магнітне.

Електромагнітне поле описується рівняннями Максвелла.

Перше рівняння Максвелла визначає магнітне поле, створене струмом з густиною  $j$  або наведене змінним електричним полем:  $\text{rot}H = \frac{\partial D}{\partial t} + j$ .

Друге рівняння Максвелла визначає електричне поле, яке виникає при зміні напруженості магнітного поля:  $\text{rot}E = -\frac{\partial B}{\partial t}$ .

Третє рівняння Максвелла стверджує, що не існує магнітних зарядів:  $\text{div}B = 0$ .

Четверте рівняння Максвелла стверджує, що навколо електричних зарядів існує електричне поле:  $\text{div}D = j$ .

4а. Першим із зв'язаних полів розглядається електростатичне поле. Основні відомості про електростатичне поле повідомляє один з учнів. На нашу думку, при цьому необхідно звернути увагу на наступні моменти.

1) Електростатичне поле створюють нерухомі заряди.

2) Основною силовою характеристикою електростатичного поля є напруженість поля  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ .

3) Дати характеристику поля точкових зарядів та розподілених зарядів – кулі та площини.

4) Для поля справедливий принцип суперпозиції  $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$ .

5) Електростатичне поле потенціальне. Потенціал точок поля визначається зі співвідношення  $\phi = \frac{W_{11}}{q}$  і залежить від вибору нульового рівня.

6) Між силовою і енергетичною характеристикою поля існує зв'язок, який для однорідного поля має вигляд  $E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$ .

7) Електростатичне поле має енергію. Густина енергії поля визначається через напруженість  $w = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2}$ .

8) За наявності часу всім учням пропонують зобразити лінії напруженості деяких видів полів та перерізи екіпотенціальних поверхонь.

4б. Про стаціонарне електричне поле інший учень пригадає наступні відомості.

1) Стаціонарне поле – це електромагнітне поле постійного струму, яке має дві складові – електричну та магнітну, які можна розглядати окремо.

2) Стаціонарне електричне поле існує всередині провідника зі струмом і поза ним, причому лінії напруженості поля не перпендикулярні до поверхні провідника. Провідник не є екіпотенціальним, вздовж провідника існує різниця потенціалів.

3) Стаціонарне електричне поле може існувати лише навколо провідників замкненого кола, а в колі має бути джерело струму.

4) Стаціонарне електричне поле потенціальне.

5) Робота електричного струму в замкненому колі виконується джерелом струму за рахунок роботи сторонніх електрорушійних сил. Енергія від джерела струму до ділянок кола передається вздовж провідників електричним полем.

4в. Про стаціонарне магнітне поле один з учнів подає наступні відомості.

1) Стаціонарне магнітне поле існує навколо провідників з постійним струмом і виявляється за дією на провідники з постійним струмом (дослід Ерстеда, взаємодія паралельних провідників зі струмом, сила Ампера).

2) Основна характеристика стаціонарного магнітного поля – магнітна індукція  $B = \frac{F_{\max}}{Il}$ .

3) Зображення стаціонарних магнітних полів довкола провідника з постійним струмом, правило правого свердлика.

4) На провідник з постійним струмом в стаціонарному магнітному полі діє сила Ампера  $F = IBl \sin \alpha$ . Напрямок дії сили визначається за правилом лівої руки.

5) Стаціонарне магнітне поле вихрове, його лінії магнітної індукції замкнені, воно не потенціальне. Вихровий характер поля вказує на те, що магнітних зарядів не існує.

6) На рухомий електричний заряд в стаціонарному магнітному полі діє сила Лоренца  $F = qvB \sin \alpha$ .

7) Стаціонарне магнітне поле має енергію. Густина енергії стаціонарного магнітного поля  $w = \frac{B^2}{2\mu_0}$ .

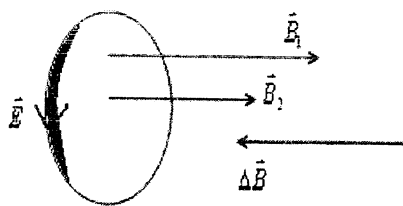
5а. Розгляд вільного електромагнітного поля наступний учень починає з явища електромагнітної індукції. Явище електромагнітної індукції має дві причини: вихрове електричне поле, яке виникає при зміні магнітного поля, і сила Лоренца, що діє на рухомі заряди. На уроці увагу потрібно зосередити на першій причині, бо саме з нею зв'язане випромінювання електромагнітних хвиль. Ми вважаємо, що при розгляді цього питання необхідно зосередитись на наступному.

Аналізуючи явище електромагнітної індукції, Максвелл прийшов до висновку, що індукційний струм у нерухомому провіднику зумовлений електричним полем, яке діє і на нерухомі заряди. Отже, електричне поле явища електромагнітної індукції виникає при зміні магнітного поля і не зв'язане з електричними зарядами. Це поле називають індукційним, воно вихрове, його лінії індукції замкнені, поле не потенціальне, робота поля при переміщенні заряду по замкненому контуру не дорівнює нулю, поле не характеризується потенціалом.

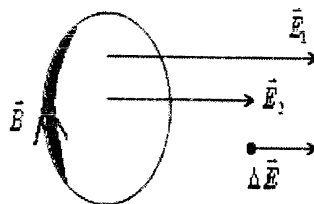
Вихрове електричне поле виникає незалежно від наявності провідника, провідник є лише індикатором, що дозволяє виявити поле за струмом у провіднику.

Силовою характеристикою вихрового електричного поля є напруженість. Напрямок вектора напруженості вихрового електричного поля утворює з вектором зміни магнітної індукції  $\Delta \vec{B} = \vec{B}_1 - \vec{B}_2$  лівий гвинт (мал. 2). Отже, електричне поле створюється як зарядами, так і змінним магнітним полем.

5б. Наступний учень розповідає про поширення електромагнітного поля у просторі (електромагнітну хвилю). Оскільки змінне електричне поле породжується змінним магнітним полем, то Максвелл припустив, що змінне магнітне поле породжується не лише електричним струмом, а й змінним електричним полем. Магнітна індукція цього поля утворює з вектором зміни напруженості електричного поля прайв гвинт (мал. 3).



Мал. 2



Мал. 3

З цього випливає висновок про поширення електромагнітного поля в просторі у вигляді електромагнітних хвиль. Таке поле називають вільним електромагнітним, воно відірване від електричних зарядів і електричних струмів.

Якщо в деякій області простору виникло змінне магнітне (або електричне) поле, то навколо нього виникне змінне електричне (або магнітне) поле, яке, в свою чергу, буде породжувати змінне магнітне (або електричне) поле і так до нескінченності. Тобто, у просторі буде поширюватись електромагнітне поле як електромагнітна хвиля.

5в. Про одержання електромагнітних хвиль розповідає наступний учень. Електромагнітні хвилі випромінює електричний заряд, що рухається прискорено, породжуючи змінне електричне поле. Отже, для випромінювання ЕМХ потрібно привести у прискорений рух заряджені частинки, що легко зробити за допомогою коливального контуру.

Але коливальний контур практично не випромінює ЕМХ через те, що в ньому є симетричні ділянки з протилежним рухом зарядів, які випромінюють ЕМХ у протилежних фазах, які взаємно гасяться. Для випромінювання ЕМХ потрібно усунути ділянки з протифазним випромінюванням, що досягається у відкритому коливальному контурі або вібраторі.

Для випромінювання електромагнітних хвиль потрібні коливання з частотою сотні тисяч герц і більше, бо чим швидше змінюються характеристики електричного і магнітного полів, тим більшими будуть напруженості електричної і магнітної індукції і тим краще буде поширюватись ЕМХ у просторі.

Зв'язок між характеристиками електромагнітного поля та швидкістю їх зміни виражається рівняннями  $E = vB$ ;  $B = \epsilon_0 \mu_0 vE$ . З них одержують вираз для швидкості поширення ЕМХ у вакуумі

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

Швидкість  $v$  поширення ЕМХ у вакуумі виявилась рівною швидкості світла. З цього Максвелл зробив висновок, що світло є електромагнітними хвилями. Вперше ЕМХ експериментально одержав Герц.

6. Заздалегідь підготовлені учні розповідають про властивості ЕМХ та їх застосування. На властивості ЕМХ потрібно звернути особливу увагу, оскільки однакові властивості ЕМХ (прямолінійне поширення, відбивання, поглинання, заломлення, інтерференція, поляризація) та світла є важливим доказом електромагнітної природи світла. Застосування ЕМХ для радіозв'язку, телебачення, радіолокації дозволяють учням краще орієнтуватись у сучасному високотехнологічному суспільстві.

7. Вчитель підводить підсумки уроку та оцінює роботу учнів.

#### Використані джерела

1. Гончаренко С.У. Український педагогічний словник. – К.: Либідь, 1997. – 374 с.
2. Иванов Б.Н. Законы физики: Учебное пособие для подготовительных отделений вузов. – М.: Высшая школа, 1986. – 355 с.
3. Онищук В.А. Типы, структура и методика урока в школе. – К.: Радянська школа, 1976. – 184 с.
4. Каменецкий С.С., Пустильник И.Г. Электродинамика в курсе физики средней школы: Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1978. – 127 с.
5. Програма для загальноосвітніх навчальних закладів "Фізика. Астрономія 7-12". – К.: Перун, 2006. – 80 с.
6. Коршак С.В. та ін. Фізика, 10 кл.: Підручник для загальноосвіт. навч. закл. – К.; Ірпінь: ВТФ "Перун", 2003. – 296 с.
7. Коршак С.В. та ін. Фізика, 11 кл.: Підручник для загальноосвіт. навч. закл. – К.; Ірпінь: ВТФ "Перун", 2004. – 288 с.

*Стаття рекомендована кафедрою педагогіки, психології та методик навчання фізики й математики Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка.*

*Надійшла до редакції 15.04.2011*