

Організація спеціального цілеспрямованого узагальнення знань школярів про живу природу на основі запропонованого нами підходу дозволяє реалізувати проблему формування цілісності знань школярів про живу природу на четвертому рівні формування змісту освіти — рівні педагогічної діяльності.

Святослав ВОЗНЮК

(ЗМІСТ)

Віктор КУЛЬЧИЦЬКИЙ

Про формування поняття електромагнітного поля у курсі фізики середньої школи на основі фундаментальних фізичних понять

У попередній публікації [1] було розглянуто один із можливих підходів до вдосконалення методики вивчення електромагнітної індукції (ЕМІ) у курсі фізики середньої школи. Його застосування сприяє не лише формуванню понять ЕМІ та вихрового електричного поля (ЕП) відповідно до їх сучасного розуміння, а й створює передумови для якісного засвоєння учнями змісту поняття електромагнітне поле (ЕМП) та подальшого застосування цього поняття при аналізі конкретних фізичних ситуацій, зокрема під час розв'язування навчальних задач.

На нашу думку, у середній школі вивчення властивостей ЕМП та формування відповідного поняття доцільно будувати на основі *фундаментальних фізичних понять (ФФП)*, зокрема таких, як *відносність, симетрія і взаємодія* [2]. Це не лише дозволяє провести структурування навчального матеріалу розділу “Електродинаміка”, а й дає змогу продемонструвати учням пізнавальну продуктивність ідей відносності та симетрії, які пронизують всю сучасну фізику [3; 4]. Внаслідок виникають можливості глибшого і аргументованішого вивчення у подальшому теорії відносності та фізики мікросвіту.

Зупинимось на основних моментах підходу, який ми пропонуємо.

Пристаюючи до з'ясування властивостей ЕМП, звертаємо увагу на те, що під час вивчення ЕМІ було встановлено *дві якісно різні причини* появи індукційного джерела струму у провідному контурі в цілому або на його окремих ділянках:

1. дія *магнітної сили* \vec{F}_m на вільні заряди, які *рухаються* разом із ланками контура щодо *стаціонарного магнітного поля* (МП): $\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B}$,

де q – заряд носія струму ($q = -e$ у випадку металевого провідника);

\vec{v} – швидкість руху ланки контура щодо МП (джерела МП);

\vec{B} – індукція МП в області руху ланки контура.

2. дія *електричної сили* \vec{F}_e на вільні заряди ланок контура, які перебувають в *стані спокою* щодо *нестационарного МП*: $\vec{F}_e = q\vec{E}$,

де \vec{E} – напруженість вихрового ЕП, яке збуджується в області перебування ланки контура під час зміни \vec{B} .

Однак залишається незрозумілим, котре із пояснень відповідає дійсності у випадку зміни взаємної орієнтації контура та індукції магнітного поля \vec{B} .

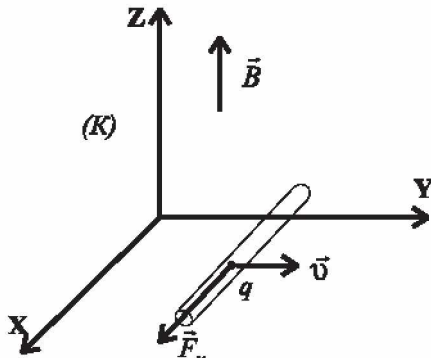
З точки зору спостерігача, який перебуває у системі відліку (СВ), зв'язаній з МП (джерелом МП), відбувається рух ланок контура щодо стаціонарного МП. З точки зору спостерігача у СВ, яка зв'язана з ланкою контура, таке поле нестационарне внаслідок зміни напрямку \vec{B} щодо контура ($B = \text{const}$). Коли спостерігач у СВ, зв'язаній з джерелом МП вважає, що у контурі діють сторонні сили магнітної природи ($\vec{F}_{cm} = \vec{F}_m$), то спостерігач у СВ, зв'язаній з контуром, стверджує, що сторонні сили за своєю природою електричні внаслідок існування вихрового електричного поля ($\vec{F}_{cm} = \vec{F}_e$): $\Delta\vec{B}/\Delta t \Rightarrow \vec{E}$. Виникає думка, що зведення ЕМІ до причин (1) і (2), не є повним: не виключено, що існує СВ, спостерігач у якій зможе обчислити значення ЕРС індукції \mathcal{E}_i , лише врахувавши одночасно дію \vec{F}_m та \vec{F}_e . Тобто мова повинна йти не про магнітну або електричну природу сторонніх сил, а про їх *електромагнітну* природу. Отже, стосовно ЕМІ для сторонніх сил у довільній СВ:

$$\vec{F}_{cm} = \vec{F}_e + \vec{F}_m = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) = \vec{F}_H,$$

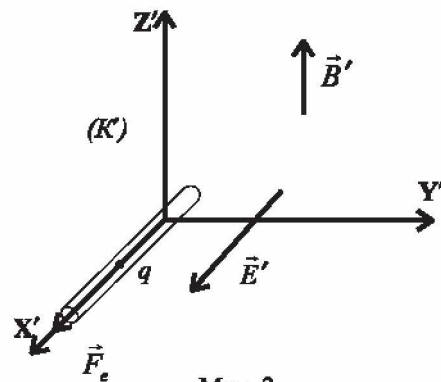
де \vec{E} і \vec{B} – напруженість електричного та індукція магнітного полів відповідно у СВ, по відношенню до якої розглядають те чи інше явище ЕМІ.

У зв'язку з цим розглянемо ЕМІ у **прямолінійній ланці металевого контура**, яка рухається щодо стаціонарного МП зі сталою швидкістю \vec{v} (мал. 1). У СВ К, зв'язаній з МП: $\vec{F}_{cm} = \vec{F}_m = -e\vec{v} \times \vec{B}$ ($\vec{F}_e = 0$, оскільки $\Delta\vec{B}/\Delta t = 0$). У СВ, зв'язаній з контуром (мал. 2), швидкість **впорядкованого** руху вільних зарядів – носіїв струму — рівна нулю, так що $\vec{F}'_m = 0$, і \vec{F}'_{cm} може бути зумовлена лише електричною силою $\vec{F}'_e = -e\vec{E}'$ (штрихування свідчить, що розгляд стосується “рухомої” СВ К', тобто СВ, зв'язаної з ланкою контура). Разом із тим, як свідчить дослід, **незалежно від спостерігача** у ланці контура **реєструється одна і та ж ЕРС індукції**. Тому сторонні сили в обох випадках також повинні бути однакові: $\vec{F}'_{cm} = \vec{F}_{cm}$, тобто $\vec{F}'_e = \vec{F}_m$. Звідси отримуємо:

$$\vec{E}' = \vec{v} \times \vec{B}. \quad (1)$$



Мал. 1



Мал. 2

Таким чином, коли у “нерухомій” СВ існує лише МП з магнітною індукцією \vec{B} , у “рухомій” СВ окрім цього існує ЕП з напруженістю $\vec{E}' \perp \vec{B}$. **Електричне поле відносно** у тому розумінні, що його напруженість залежить від того, у якій СВ її вимірюють.

Нагадуємо учням, що з **відносним характером МП** вони вже стикалися раніше. У СВ, зв'язаній з точковим зарядом q (“нештриховане”), існує лише ЕП з напруженістю:

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{r}}{r^3}. \quad (2)$$

В іншій СВ “штриховане”, яка рухається щодо заряду і зв'язаного з ним ЕП із швидкістю \vec{v} , поряд з ЕП існує МП, магнітна індукція якого рівна [5]:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{(-\vec{v}) \times \vec{r}}{r^3}, \quad (3)$$

оскільки сам заряд щодо цієї СВ рухається із швидкістю $(-\vec{v})$.

Порівнюючи (2) і (3), помічаємо, що індукція магнітного поля \vec{B} заряду q у СВ, щодо якої він рухається зі швидкістю $-\vec{v}$, зв'язана із напруженістю електричного поля \vec{E} у СВ, щодо якої він нерухомий:

$$\vec{B} = -\epsilon_0\mu_0\vec{v} \times \vec{E}. \quad (4)$$

Враховуючи, що довільне ЕП може розглядатися як суперпозиція електричних полів певної сукупності точкових зарядів, потрібно визнати, що (4) має загальний характер, так що із (4) пов'язана наступна реальність: якщо в деякій СВ існує лише ЕП, то в іншій СВ, яка рухається щодо неї, існує ще й МП. Підкреслюємо, що (1) і (4) є частковими випадками **перетворення полів** при переході від однієї СВ до іншої. Якщо деяка СВ (“штрихована”) перебуває в русі із швидкістю \vec{v} щодо іншої СВ (“нештрихована”), причому в останній існують електричне поле з напруженістю \vec{E} та магнітне поле з магнітною індукцією \vec{B} , то з врахуванням принципу суперпозиції ЕП та МП:

$$\vec{E}' = \vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}; \quad \vec{B}' = \vec{B} - \epsilon_0\mu_0\vec{v} \times \vec{E}. \quad (5)$$

Зауважуємо, що ці співвідношення підтверджуються дослідно, коли $v \ll c$. З пропедевтичною метою наголошуємо, що перше співвідношення ми отримали як наслідок з того, що явища ЕМІ описуються одним законом, незалежно від того, розглядаються вони у “рухомій” чи у “нерухомій” СВ, – останнє має безпосереднє відношення до формулювання **принципу відносності** у наступному. Звертаємо увагу на певну **симетрію** (наявність множника $\epsilon_0 \mu_0$ визначається лише вибором системи одиниць), яка існує у записі співвідношень (5). Вона вказує на **рівноправність електричного і магнітного полів** та наптовхує на думку про їх нерозривний зв’язок.

Оскільки напруженість електричного поля \vec{E}' у “рухомій” (“штрихованій”) СВ визначається не лише напруженістю ЕП \vec{E} у “нерухомій” СВ, зв’язаній з цим ЕП, але й індукцією МП \vec{B} , яке існує у цій СВ, то, очевидно, потрібно говорити не про електричне і магнітне поля як такі, а про **єдину реальність – електромагнітне поле (ЕМП)**, яке за певних умов може **себе проявляти у формі ЕП або МП**. Як видно із (5), **ЕП та МП відносні одночасно** як взаємозв’язані **компоненти ЕМП**, інші суттєві властивості якого ще належить з’ясувати. Поділ фізичних явищ на електричні та магнітні, **врахування** при їх розгляді **лише електричної або лише магнітної взаємодії не є повним**. У всіх випадках мова повинна йти про **електромагнетизм та електромагнітну взаємодію**, яка можлива завдяки наявності особливого середовища — **електромагнітного поля**. Інша річ, яку роль — визначальну чи другорядну — відіграє той чи інший компонент електромагнітної взаємодії у розвитку того чи іншого явища. Однак, як видно із (5), завжди можна знайти такі СВ, у яких визначальну роль відіграє лише один компонент — електричний або магнітний у зв’язку з відсутністю у цій СВ відповідно магнітного або електричного компонента ЕМП — магнітного або електричного поля.

Повертаємось до розгляду ЕМІ. Оскільки ЕРС довільного джерела струму рівна механічній роботі сторонніх сил \vec{F}_{cm} по перенесенню одиничного позитивного заряду по електричному колу — замкненому провідному контуру, для ЕРС джерела \mathcal{E}_i , яке індукується у довільному контурі **у випадку нестационарного МП**, отримуємо:

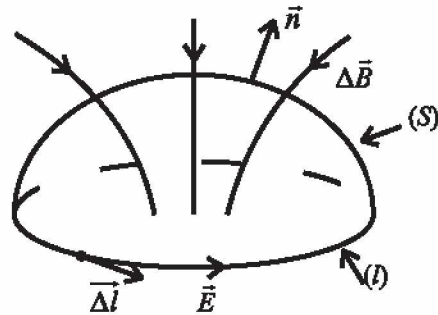
$$\mathcal{E}_i = \frac{A_{cm}}{q} = \frac{\sum_{(l)} (F_{cm})_l \cdot \Delta l}{q} = \frac{\sum_{(l)} (qE_l) \cdot \Delta l}{q} = \frac{q \sum_{(l)} E_l \cdot \Delta l}{q} = \sum_{(l)} E_l \cdot \Delta l, \quad (6)$$

де E_l – проекція напруженості вихрового ЕП, збудженого нестационарним МП, на малу ділянку контуру довжиною Δl ($\Delta l \ll l$ – довжини контура, або формально $\Delta l \rightarrow 0$).

Зауважуємо, що величину $\sum_{(l)} E_l \Delta l$ у випадку $\Delta l \rightarrow 0$ називають **циркуляцією \vec{E} по контуру (l)** за аналогією до $\sum_{(l)} B_l \Delta l$ – циркуляції \vec{B} (у [6] вона без достатніх для цього підстав названа магніторухійною силою) [5]. Оскільки згідно із законом Фарадея для ЕМІ: $\mathcal{E}_i = -\Delta\Phi / \Delta t$, то отримуємо:

$$\sum_{(l)} E_l \Delta l = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}, \quad (7)$$

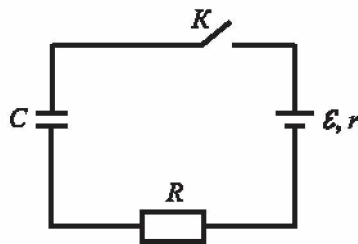
(індекс “B” у правій частині введений, щоби підкреслити, що мова йде про потік вектора індукції МП \vec{B}). Співвідношення (7) є формалізованим описом однієї із фундаментальних властивостей ЕМП: нестационарне (змінне у часі) МП збуджує вихрове ЕП, для якого $\vec{E} \perp \Delta\vec{B}$, причому циркуляція напруженості ЕП по довільному контуру рівна з протилежним знаком швидкості зміни потоку магнітної індукції цього МП через довільну поверхню, натягнуту на контур (мал. 3).



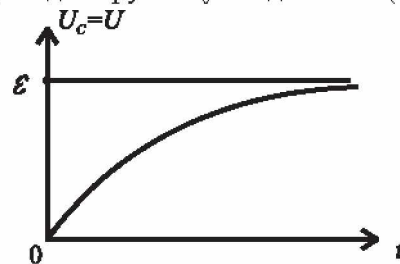
Мал. 3

Однак, оскільки ЕП та МП є рівноправними компонентами ЕМП, а в природі у відношенні до довільного процесу (явища) існує обернений, то варто очікувати, що нестационарне ЕП є причиною вихрового МП, для якого $\vec{B} \perp \Delta \vec{E}$. При цьому симетрія (5) щодо перестановок \vec{E} і \vec{B} та \vec{E} і \vec{B} наводить на думку, що повинне існувати співвідношення, аналогічне (7), яке зв'язувало б \vec{B} і \vec{E} (точніше, циркуляцію \vec{B} та швидкість зміни потоку \vec{E}) і яке відрізнялося б від (7) лише перестановкою \vec{B} і \vec{E} та, можливо, деяким сталим множником подібно до $(-\epsilon_0 \mu_0)$ у (5).

У цьому зв'язку пропонуємо учням проаналізувати наступний мисленнй експеримент [6]. Нехай конденсатор C , між обкладками якого вакуум, є елементом розімкненого електричного кола (мал. 4). Після замикання ключа K у колі протікає електричний струм — **струм провідності**, який забезпечує заряджання конденсатора від напруги $U_0 = 0$ до $U = \mathcal{E}$ (мал. 5).



Мал. 4



Мал. 5

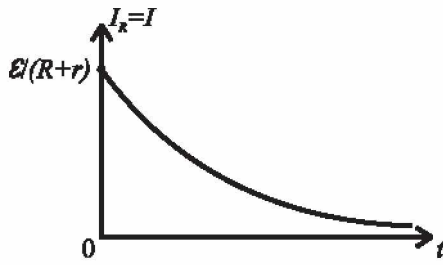
При цьому сила струму у колі по мірі зростання напруги на конденсаторі зменшується від $I_0 = \mathcal{E} / (R + r)$ до $I = 0$ (мал. 6). Зрозуміло, що сила струму протягом довільного малого проміжку часу Δt рівна: $I = \Delta q / \Delta t$, де Δq – електричний заряд, який протік через провідники кола за Δt . Цей заряд рівний заряду, який отримала верхня обкладка конденсатора, або ж заряду, який був забраний від його нижньої обкладки (мал. 7). Звертаємо увагу учнів на те, що, відбувається обмін зарядами між обкладками конденсатора, однак **у просторі між ними ніякий заряд не переноситься: електричний струм провідності у просторі між обкладками не протікає**.

Розглядаємо довільний контур (l), який охоплює провідник, по якому позитивний заряд поступає на верхню обкладку конденсатора (мал. 8). Натягнемо на цей контур дві поверхні (S_1) і (S_2), перша з яких перетинає провідник і знаходиться за межами конденсатора, а друга провідник не перетинає, знаходячись частково між обкладками конденсатора. Згідно із законом Ампера (законом повного струму), циркуляція магнітної індукції **по довільному замкненому контуру** (l) з точністю до множника $\mu_0 \mu$ рівна силі струму, який протікає через довільну поверхню (S), натягнену на контур [6]. Якщо в якості такої поверхні (S) розглядати (S_1), то у вакуумі ($\mu = 1$) отримуємо:

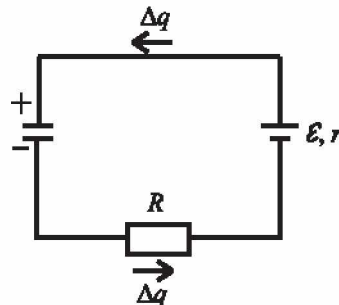
$$\sum_{(l)} B_i \Delta l = \mu_0 I, \quad (8)$$

тоді як у випадку поверхні (S_2): $\sum_{(l)} B_i \Delta l = 0$, оскільки перенесення заряду через (S_2) не

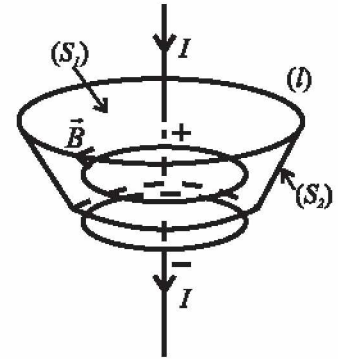
відбувається і струм провідності через неї не протікає ($I = 0$). Таким чином застосування закону Ампера до області між обкладками конденсатора приводить до хибного висновку про відсутність МП навколо провідника, по якому протікає струм.



Мал. 6



Мал. 7



Мал. 8

Максвелл припустив, що закон Ампера правильний, однак у правій частині співвідношення (8) відсутній доданок, який формально описував би процеси, що відбуваються між обкладками конденсатора. Він зауважив, що між обкладками конденсатора існує ЕП, модуль напруженості якого E з часом змінюється відповідно до того, як конденсатор набуває заряду. Вважаючи, що обкладки розміщені близько, можемо записати:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{q}{\varepsilon_0 S},$$

де σ – поверхнева густина заряду додатної обкладки конденсатора;
 S – площа обкладки конденсатора;
 q – заряд конденсатора у довільний момент часу t .

Як видно, перенесення в колі протягом проміжку часу Δt заряду Δq приводить до зміни модуля напруженості ЕП на $\Delta E = \Delta q / (\varepsilon_0 \varepsilon S)$. Таким чином, протікання **струму провідності у колі** із силою струму $I = \Delta q / \Delta t$ супроводжується зміною модуля напруженості ЕП у просторі між обкладками конденсатора із швидкістю:

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{1}{\varepsilon_0 \varepsilon S} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{I}{\varepsilon_0 \varepsilon S}. \quad (9)$$

Оскільки гіпотетичний доданок у правій частині (8), який описує процеси між обкладками конденсатора, повинен бути рівним $\mu_0 I$, то для нього отримуємо: $\mu_0 I = \varepsilon_0 \mu_0 (\Delta E / \Delta t) S$.

У зв'язку з останнім для простору між обкладками конденсатора – області однорідного нестационарного ЕП відповідно до (8):

$$\sum_{(l)} B_l \Delta l = \varepsilon_0 \mu_0 \left(\frac{\Delta E}{\Delta t} \right) S = \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\Delta(ES)}{\Delta t} = \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\Delta \Phi_E}{\Delta t},$$

де $\Delta \Phi_E$ – потік напруженості ЕП через довільну поверхню, натягнуту на (l) , оскільки у випадку однорідного поля цей потік рівний потоку через поверхню, яка співпадає з обкладкою конденсатора [6].

Таким чином, якщо гіпотеза про незавершеність правої частини рівняння (8) справедлива, то із нестационарним ЕП повинне бути зв'язане вихрове МП, для якого $\vec{B} \perp \Delta \vec{E}$, причому:

$$\sum_{(l)} B_l \Delta l = \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\Delta \Phi_E}{\Delta t}. \quad (10)$$

У зв'язку із цим закон Ампера доцільно подати у вигляді:

$$\sum_{(l)} B_l \Delta l = \mu_0 \left(I + \varepsilon_0 \frac{\Delta \Phi_E}{\Delta t} \right). \quad (11)$$

Доданок $\varepsilon_0 (\Delta \Phi_E / \Delta t)$, який вимірюється у тих самих одиницях, що і сила струму провідності $I = \Delta q / \Delta t$, дістав назву **струму зміщення**, чим підкреслюється, що ніякого відношення до перенесення мікроскопічних електричних зарядів – струму провідності — він не має, а його наявність зумовлена лише змінами \vec{E} – нестационарного ЕП.

Таким чином, гіпотеза Максвелла про необхідність розширення (узагальнення) закону Ампера приводить до з'ясування ще однієї фундаментальної властивості ЕМП, притаманність

якої ЕМП була передбачена раніше на основі ідеї симетрії: нестационарне ЕП збуджує вихрове МП, для якого $\vec{B} \perp \Delta \vec{E}$, причому при відсутності струмів провідності у вакуумі справедливе (10).

Однак потрібно визнати, що останній висновок залишався гіпотетичним у тій мірі, в якій було гіпотетичним припущення про загальний характер закону Ампера. Варто згадати також, що і твердження про існування зв'язку нестационарного МП та вихрового ЕП є також гіпотетичним. Разом з цим із цих гіпотез було отримано ряд висновків – теоретичних передбачень, які надалі були підтверджені експериментально, в першу чергу дослідженнями Г.Герца. Окрім того, на цій основі отримали вичерпне пояснення деякі явища, відомі фізикам до робіт Максвелла. Останнє дозволило стверджувати, що гіпотеза Максвелла про існування ЕМП та його властивості відповідають дійсності.

Таким чином, **електромагнітне поле** – середовище, завдяки якому здійснюється **електромагнітна взаємодія**, тобто взаємодія між часточками, які мають електричний заряд. Саме електромагнітна взаємодія є фундаментальною, тоді як електрична або магнітна взаємодія є лише її окремими проявами – компонентами. ЕМП характеризується напруженістю ЕП \vec{E} та індукцією МП \vec{B} , які і визначають силу, з якою заряджена часточка взаємодіє з ЕМП – силу Лоренца.

$$\vec{F}_L = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}).$$

Електричні поля можуть бути зв'язані як із електричними зарядами (теорема Гаусса для ЕП), так і з нестационарним МП (закон ЕМІ Фарадея). Магнітні поля можуть бути зв'язані з електричними струмами провідності або нестационарними електричними полями (узагальнений закон Ампера – закон повного струму), причому у всіх випадках вони вихрові (теорема Гаусса для МП).

Останні твердження, подані у формальному вигляді, утворюють в єдності **систему рівнянь Максвелла**. Оскільки ці рівняння є **рівняннями законів електромагнетизму**, з'ясованими шляхом узагальнення експериментальних фактів, отриманих за певних умов, то вони застосовні лише до явищ, які протікають у **макросвіті** при **нерелятивістських швидкостях руху** відповідних об'єктів. Рівняння Максвелла є ядром **класичної теорії ЕМП – електромагнетизму** або **електродинаміки**. Наводимо таблицю, в якій **рівняння Максвелла для ЕМП у вакуумі** подані у систематизованому вигляді, і є адаптовані для сприймання учнями середньої школи.

$\Phi_E = \sum_{(S)} E_n \Delta S = \frac{q}{\epsilon_0}$ (1)	$\Phi_B = \sum_{(S)} B_n \Delta S = 0$ (3)
$\sum_{(l)} E_t \Delta l = -\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$ (2)	$\sum_{(l)} B_t \Delta l = \mu_0 I + \epsilon_0 \mu_0 \frac{\Delta \Phi_E}{\Delta t}$ (4)



Теорема Гаусса для ЕП: з електричними зарядами зв'язані ЕП (1)	Теорема Гаусса для МП: магнітні заряди відсутні; МП має вихровий характер (3)
Закон ЕМІ Фарадея: вихрове ЕП збуджується нестационарним МП (2)	Узагальнений закон Ампера: МП зв'язане із рухомими зарядами або може збуджуватися нестационарним ЕП (4)

Звертаємо увагу учнів, що неповна симетрія (1) і (3) та (2) і (4) щодо \vec{E} і \vec{B} зумовлена виключно існуванням електричних зарядів та струмів. У просторі, вільному від зарядів і струмів, рівняння Максвелла набувають вигляду:

$\Phi_E = \sum_{(S)} E_n \Delta S = 0$ (1')	$\Phi_B = \sum_{(S)} B_n \Delta S = 0$ (3')
$\sum_{(l)} E_t \Delta l = -\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$ (2')	$\sum_{(l)} B_t \Delta l = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\Delta \Phi_E}{\Delta t}$ (4')

Зауважуємо, що наявність у правій частині (2') та (4') швидкостей зміни потоків \vec{B} та \vec{E} , які у кінцевому результаті визначаються швидкостями зміни \vec{B} та \vec{E} ($\Delta \vec{B} / \Delta t$ та $\Delta \vec{E} / \Delta t$),

означає можливість збудження і поширення у просторі електромагнітних хвиль – періодичних змін \vec{B} та \vec{E} , які відбуваються у взаємоперпендикулярних площинах. Пропонуємо учням обрахувати числове значення коефіцієнта у рівнянні (4). Виявляється, що величина $1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0} = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ дорівнює швидкості поширення світлового випромінювання у вакуумі і є **швидкістю поширення у вакуумі електромагнітної взаємодії**, а саме світлове випромінювання є лише одним із видів **випромінювання електромагнітного**.

Розглянутий у даній роботі підхід може бути використаний з успіхом під час вивчення фізики у природничонаукових класах та ліцеях, а якісний аналіз явищ, проведений вище, цілком доступний у чиням загальноосвітньої школи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вознюк С.Ю., Кульчицький В.І., Чопик В.Ю. Про формування понять електромагнітна індукція та вихрове електричне поле у курсі фізики середньої школи // “Наукові записки” Тернопільського державного педагогічного університету. / вип. 5. – Тернопіль, 1998. С. 120-127.
2. Будний Б.Є. Формування у учнів системи фундаментальних фізичних понять. – К.: Інститут пед. АПН України, 1996. – 200 с.
3. Шмутцер Э. Теория относительности. Современные представления. – М.: Мир, 1981. – 232 с.
4. Вигнер К. Этюды о симметрии. – М.: Мир, 1971. – 320 с.
5. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм: Учебное пособие. – М.: Высш. школа, 1983. – 463 с.
6. Гончаренко С.У. Фізика: Пробн. навч. посібник для ліцеїв та класів природничо-наукового профілю. 10 клас. – К.: Освіта, 1995. – 430 с.

Ростислав АВГУСТИН

(ЗМІСТ)

Юрій БАЧИНСЬКИЙ
Михайло ШЕМЕЛЯ

РІЗНОРІВНЕВІ ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ З ФІЗИКИ ДЛЯ 9-ГО КЛАСУ

У концепції фізичної освіти загальноосвітньої школи України одним із вихідних положень є диференціація навчання, яка включає у себе множинність і варіантність індивідуальних підходів до суспільно погоджених цілей вивчення предмету “Фізика”. Вона створює найбільш сприятливі умови для індивідуалізації навчання, професійної орієнтації учнів та осмисленого вибору ними життєвого шляху. Виходячи з цього, всі діючі перехідні і нові навчальні програми з фізики орієнтовані на рівневу і профільну диференціацію [5, 6]. Ідея рівневої диференціації, закладена в них, передбачає планування обов'язкових результатів навчання як за рівнем складності, так і рівнем глибини засвоєння навчального матеріалу.

Однак практика показує, що для здійснення якісного диференційованого навчання фізики необхідно створити відповідне науково-методичне забезпечення цього процесу, зокрема розробити диференційовані навчальні посібники, різнорівневі збірники розрахункових і експериментальних задач, вправ, лабораторних робіт тощо.

Як показує практика особливу складність викликає у вчителів організація і проведення рівневих лабораторних робіт з фізики. А про важливість проведення різнорівневих лабораторних робіт чітко вказано у вимогах до навчальних програм з фізики, де їм відводиться значне місце в системі організації цілеспрямованого інтелектуального пошуку на рівні вибраному кожним учнем зокрема. В них ми вбачаємо один із способів переходу від фізики інформаційної “крейдової” до експериментальної дослідницької, що розвиває в дитини експериментальні навички, різноманітні творчі задатки, які необхідні для проведення енергійної роботи відкриття і дослідження для себе явищ навколишнього світу [6].

Зрозуміло, що при розробці лабораторних завдань необхідно забезпечити їх варіативність на різних рівнях навчальної діяльності (репродуктивному (рівень А), навчально-дослідницькому (рівень В) і проблемно-пошуковому (рівень С) у межах кожної теми і спиратися не тільки на диференціацію навчання за змістом, профілями, спеціалізаціями, а й на індивідуалізацію навчальної діяльності як у базовому, так і в профільних курсах.

Для першого репродуктивного рівня А основна мета роботи визначається, як вимірювання фізичних величин, спостереження або вивчення фізичних явищ, проведення необхідних обчислень