УДК 378. 147:537

Закалюжний В.М., Шевчук О.Г.

ОПОРНІ КОНСПЕКТИ ЛЕКЦІЙ З ТЕМИ "ЕЛЕКТРОСТАТИКА" ЯК ЗАСІБ СИСТЕМАТИЗАЦІЇ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ З ФІЗИКИ

У роботі представлена авторська система опорних конспектів з електростатики курсу "Загальна фізика (електрика і магнетизм)", яка є складовою частиною навчально-методичного комплексу дисципліни за вимогами кредитно-модульної системи навчання.

Ключові слова: *узагальнення, систематизація, заряд, принцип суперпозиції, напруженість електростатичного поля.*

У сучасній педагогіці визнається положення, що "оволодіння знаннями не зводиться до одного пізнавального акту, суть знання не розкривається відразу всією своєю багатогранністю, а потребує подальшої розумової й практичної діяльності з метою вдосконалення й глибшого його засвоєння" [1, с. 105].

У психології доведено, що для попередження швидкого забування щойно засвоєного навчального матеріалу, знання з оперативної пам'яті необхідно перевести в довготривалу пам'ять, тобто, здійснити розосереджене запам'ятовування[2]. Ефективним способом реалізації цього процесу є організація навчання із застосуванням спеціального повторення навчального матеріалу. У ході такого повторення відбувається виділення суттєвих властивостей, що належать до певного класу предметів, перехід від одиничного до загального, тобто – *узагальнення вивченого*, а також об'єднання об'єктів вивчення в систему за певним обраним принципом, тобто – *систематизація знань*.

Отже, повторення узагальнення й систематизація є складними взаємопов'язаними процесами, які дозволяють установити зв'язки між предметами, явищами та процесами, які при первинному засвоєнні навчального матеріалу були не очевидними, і, відповідно, поглибити розуміння їх суті та підвищити ефективність засвоєння.

Дослідження змісту поширених підручників із загальної фізики для вищої школи показало, що їх автори не приділяють належної уваги організації тематичного повторення та аналізу логічно-структурних зв'язків між окремими елементами навчального матеріалу, що не сприяє цілісності його сприйняття студентами [3, 4, 5, 6, 7, 8].

Практика показала, що за таких обставин, одним із дієвих методів організації повторення, узагальнення та систематизації знань студентів з фізики є системне використання з цією метою опорних конспектів лекцій.

Нижче представлена система опорних конспектів лекцій з теми "Електростатика", яка є однією з найважливіших у курсі фізики, оскільки її якісне засвоєння створює передумови для успішного вивчення не лише всіх наступних розділів курсу загальної фізики, а й теоретичної електродинаміки. Система побудована таким чином, що кожен з опорних конспектів відображає істотні риси логічної структури лекції, її основний зміст та найважливіші висновки.

З метою економії часу опорний конспект може бути представлений студентам по завершенню лекції в "готовому" вигляді за допомогою мультимедійної апаратури, а саме повторення здійснюватися у формі бесіди під керівництвом викладача.

Багаторічне використання представлених вище опорних конспектів викладачами кафедри фізики Ніжинського державного університету при вивченні відповідної теми показало їх високу ефективність як засобу узагальнення, систематизації та підвищення міцності засвоєння знань у всіх академічних групах, незалежно від початкового рівня підготовки студентів. Крім того, систематичне складання та застосування опорних конспектів привчає студентів до аналітичного та асоціативного мислення, що сприяє формуванню в них цілісного світосприйняття.

Опорний конспект №1

Теорема Гауса-Остроградського та її застосування

Т. Г. – О.

$$\Phi_{\vec{E}} = \oint\!\!\!\oint_{\Omega} \vec{E} d\vec{\Omega} \quad \frac{1}{\varepsilon\varepsilon_o}\sum_i q_i \qquad (1)$$

(система дискретних зарядів)

$$\frac{1}{\varepsilon\varepsilon_o}\iiint_V \gamma(V)dV \qquad (2)$$

(неперервно розділений в просторі заряд із густиною $\gamma\ (V)$)

$$\frac{1}{\varepsilon\varepsilon_o}\iint_S \sigma(S)dS \qquad (3)$$

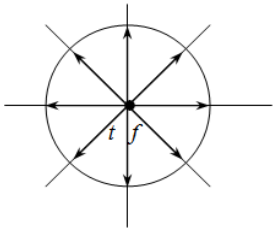
(неперервно розділений по поверхні заряд з поверхневою густиною $\sigma(S)$)

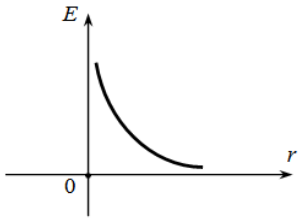
$$\frac{1}{\varepsilon\varepsilon_o}\int_l \tau(l)dl \qquad (4)$$

(неперервно розподілений по лінії заряд з лінійною густиною $\tau(l)$)

Опорний конспект №2

Напруженість електростатичного поля точкового заряду

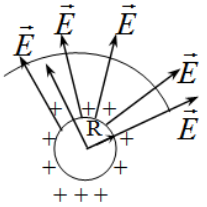




$$\left.\begin{array}{l} \Phi_{\vec{E}} \overset{df}{=} E_n S = 4E\pi r^2 \\ \text{Т. О.} - \text{Г.} \Rightarrow \Phi_{\vec{E}} = \dfrac{1}{\varepsilon\varepsilon_o} q \end{array}\right| \Rightarrow E = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_o r^2} \rightarrow \vec{E} = \frac{q\vec{r}}{4\pi\varepsilon\varepsilon r^3}. \qquad (5)$$

Опорний конспект №3

Напруженість електростатичного поля зарядженої сфери



$\sigma = \dfrac{dq}{dS}$

$[\sigma] = Кл/м^2$

а) $r \geq R$: $\Phi_{\vec{E}} = E_n S_r \overset{df}{=} 4\pi E r^2$

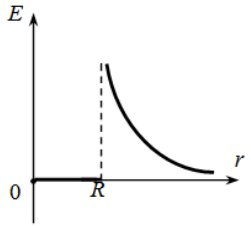
$$\text{Т.О.-Г.} \Rightarrow \Phi_{\vec{E}} = \frac{1}{\varepsilon\varepsilon_o}\iint_S \sigma(S)dS \Rightarrow \frac{1}{\varepsilon\varepsilon_o}\sigma S_R =$$

$$= \left.\frac{4\pi R^2\sigma}{\varepsilon\varepsilon_o}\right| \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_o}\left(\frac{R}{r}\right)^2 \to \vec{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_o}\left(\frac{R^2}{r^3}\right)\vec{r}\,.$$

б) $0 \leq r < R$: $\text{Т.О.-Г.} \Rightarrow \Phi_{\vec{E}} = \dfrac{1}{\varepsilon\varepsilon_o}\iint_{S'} \sigma(S')dS' = 0 \Rightarrow$

$$\Phi_{\vec{E}} = 0 \Rightarrow E = 0 \qquad (6)$$

$(\sigma(S') = 0)$



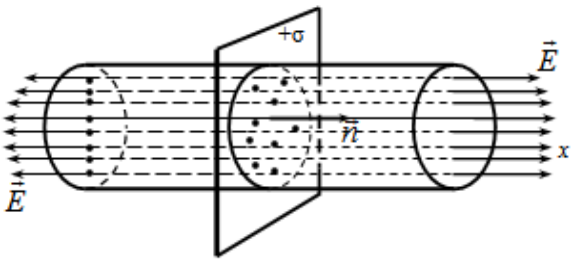
$$\vec{E} = \begin{cases} \dfrac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_o}\left(\dfrac{R^2}{r^3}\right)\vec{r}, & r \geq R; \\ \vec{0}, & 0 \leq r < R. \end{cases} \qquad (7)$$

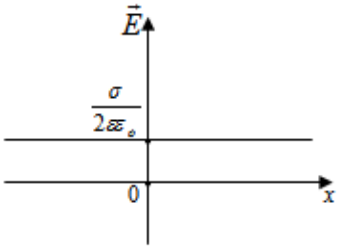
Опорний конспект №4

Напруженість електростатичного поля зарядженої площини

$$df: \Phi_{\vec{E}} = 2E_n S_{осн} = 2\pi\kappa^2 E$$

$$\text{Т.О.-Г.} \Rightarrow \Phi_{\vec{E}} = \frac{1}{\varepsilon\varepsilon_o}\iint_S \sigma(S)dS \underset{\sigma(S)=const}{\Rightarrow}$$





$$\left.\frac{1}{\varepsilon\varepsilon_o}\pi r^2\sigma\right| \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_o} \to \vec{E} = \pm\frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_o}\vec{n}\ (|\vec{n}| = 1) \qquad (8)$$

Опорний конспект №5

Напруженість електростатичного поля системи двох заряджених паралельних пластин

$$\text{Т. О.} - \text{Г.} \Rightarrow \Phi_{\vec{E}} = \frac{1}{\varepsilon\varepsilon_o}\left[\iint_{S_1}\sigma_1(S_1)dS_1 + \iint_{S_2}\sigma_2(S_2)dS_2\right].$$

Принцип суперпозиції

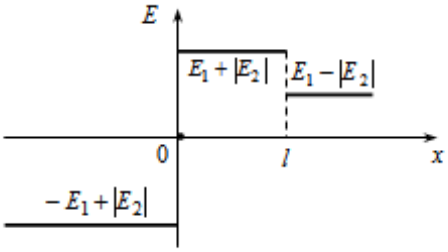
а) $\sigma_1 = -\sigma_2$

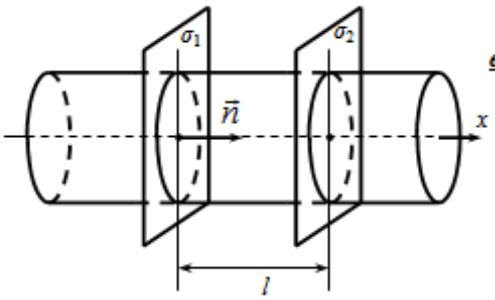
б) $\sigma_1 \neq -\sigma_2$

$(\sigma_1 > |\sigma_2|)$

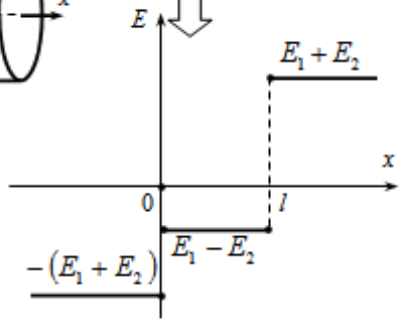
$$\vec{E} = \begin{cases} \vec{0}, & x \in (-\infty;0)\cup(1;+\infty); \\ \dfrac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_o}\vec{n}, & x \in [0;1]. \end{cases} \quad (10)$$

$$\vec{E} = \begin{cases} \dfrac{\sigma_1 + |\sigma_2|}{2\varepsilon\varepsilon_o}\vec{u}, & x \in [0;1], \\ \pm\dfrac{\sigma_1 - |\sigma_2|}{2\varepsilon\varepsilon_o}\vec{n}, & x \in (-\infty;0)\cup(1;+\infty) \end{cases} \quad (11)$$





в) $\sigma_1 \geq \sigma_2 > 0$

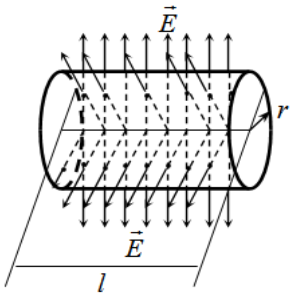


$$\vec{E} = \begin{cases} \pm\dfrac{\sigma_1 + \sigma_2}{2\varepsilon\varepsilon_o}\vec{n}, & x \in (-\infty;0)\cup(l;+\infty); \\ \dfrac{\sigma_1 - \sigma_2}{2\varepsilon\varepsilon_o}\vec{n}, & x \in [0;1]. \end{cases}$$

Опорний конспект №6

Напруженість електростатичного поля зарядженої прямої

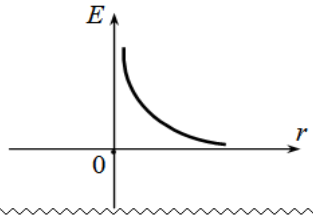
$$\tau = \frac{dq}{dl}$$
$$[\tau] = Кл / м$$



$$df : \Phi_{\vec{E}} = E_n S = E 2\pi r l$$

$$\text{Т.О.} - \Gamma. : \Rightarrow \Phi_{\vec{E}} = \frac{1}{\varepsilon\varepsilon_o} \iint_S \tau(l) dl = \frac{\tau l}{\varepsilon\varepsilon_o} \Bigg| \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon\varepsilon_o r} \rightarrow \vec{E} = \frac{\upsilon \vec{r}}{2\pi\varepsilon\varepsilon_o r^2}. \qquad (13)$$



Опорний конспект №7

Напруженість електростатичного поля рівномірно зарядженої кулі

а) $r \le R$:

$$df : \Phi_{\vec{E}} = E_n S = E_n(r) 4\pi r^2$$

$$\text{Т.О.} - \Gamma. : \Rightarrow \Phi_{\vec{E}} = \frac{1}{\varepsilon_1\varepsilon_o} \iiint_{V'} \gamma(V') dV' \underset{\gamma(V')=const}{\Rightarrow} \frac{\gamma}{\varepsilon_1\varepsilon_o} \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 \Bigg] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_n(r) = \frac{\gamma r}{3\varepsilon_1\varepsilon_o} \rightarrow \vec{E}_n(\vec{r}) = \frac{\gamma \vec{r}}{3\varepsilon_1\varepsilon_o}. \qquad (14)$$

(R – радіус сфери; ε_1 – діелектрична проникність кулі).

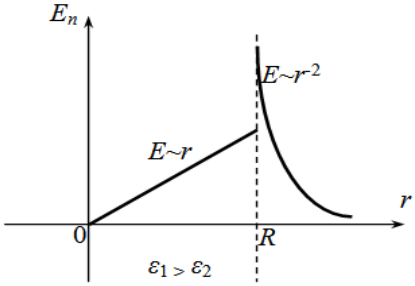
б) $r > R$:

$$df : \Phi_{\vec{E}} = E_n S = E_n(r) 4\pi r^2$$

$$\text{Т.О.} - \Gamma. : \Rightarrow \Phi_{\vec{E}} = \frac{1}{\varepsilon_2\varepsilon_o} \iiint_{V'} \gamma(V) dV \underset{\gamma(V')=const}{\Rightarrow} \frac{\gamma}{\varepsilon_{21}\varepsilon_o} \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 \Bigg] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_n(r) = \frac{R^3\gamma}{3\varepsilon\varepsilon_o r^2} \rightarrow \vec{E}_n(\vec{r}) = \frac{R^3\gamma}{3\varepsilon\varepsilon_o r^3}\vec{r}. \qquad (15)$$

/ε_2 – діелектрична проникність середовища поза кулею/.



Провідники в електростатичному полі

Опорний конспект №8

вільні електрони на поверхні металу

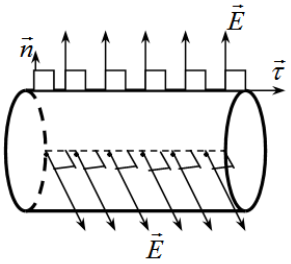
рівновага електростатичних сил, що діють на кожен електрон на поверхні металу

$$\Rightarrow \quad F_{K_\tau} = 0 \Rightarrow \underset{(\forall q)}{E_\tau = 0} \Rightarrow A_{1\to 2} = 0 \Rightarrow \Delta\varphi = 0$$

$$\underline{\varphi_1 = \varphi_2} \qquad (1)$$

1. $\vec{E} \backslash\backslash \vec{n}$ для кожної точки провідника
2. Поверхня провідника еквіпотенціальна.

:



Опорний конспект №9

вільні електрони в об'ємі металу

рівновага електростатичних сил, що діють на кожен електрон в об'ємі металу

$$\Rightarrow \quad \left(\langle \upsilon_{e^-} \rangle = 0\right) \Rightarrow \left(\langle E_V >= 0 \rangle\right) \Rightarrow \left(\langle A_V \rangle = 0\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left(F_{K_V} S \cos\left(\widehat{\vec{F}_{K_V}, \vec{S}}\right) = 0\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left(\left\langle E_V qS \cos\left(\widehat{\vec{E}_V, \vec{S}}\right)\right\rangle = 0\right) \Rightarrow \left(\langle E_{n_V} qS \rangle = 0\right) \Rightarrow \left(qS \langle E_{n_V} \rangle = 0\right) \Rightarrow \left(\langle E_{n_V} \rangle = 0\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (E = 0) \Rightarrow (\varphi_V = const). \qquad (2)$$

(E_V, F_{K_V} – напруженість та сила Кулона в об'ємі провідника; φ_V – потенціал всередині провідника)

Опорний конспект №10

Заряди в об'ємі провідника в стані рівноваги

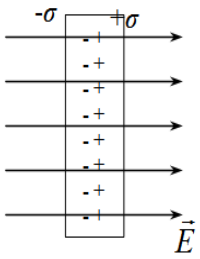
$$\Rightarrow \quad (E = 0) \Rightarrow \left(\langle E_u \rangle = 0\right) \Rightarrow \left(\langle \Phi_{\vec{E}} \rangle = 0\right) \underset{\text{Т.О.-Г.}}{\Rightarrow} \left(\sum_V \vartheta / \varepsilon\varepsilon_o = 0\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left(\sum_V \vartheta = 0\right) \Rightarrow$$

В умовах рівноваги зарядів в об'ємі провідника в ньому не існує областей з надлишковим зарядом

Опорний конспект №11

Електростатична індукція в провідниках



Напруженість поля індукованих зарядів

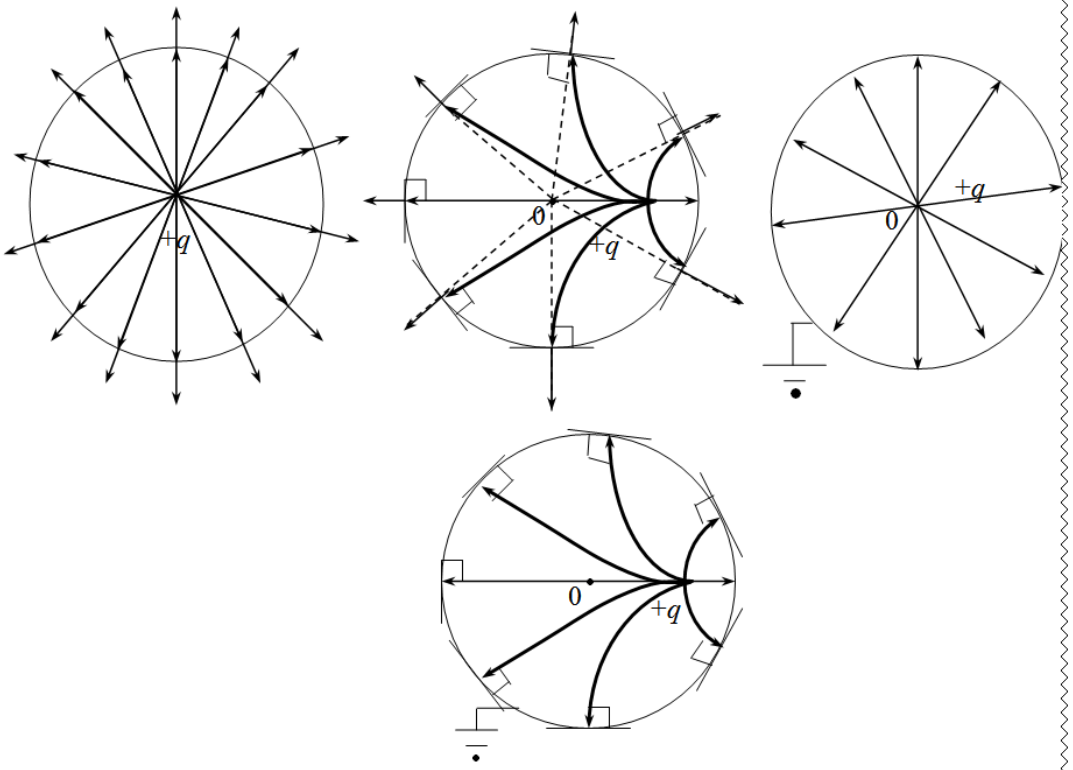
$$\left.\begin{array}{l} E' = \dfrac{\sigma}{2\varepsilon_o} + \dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_o} \\ (\textit{принцип суперпозиції}) \end{array}\right\} \Rightarrow E_p = E - E' = E - \frac{\sigma}{\varepsilon_o} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sigma = \varepsilon_o S \rightarrow q_{інд} = \sigma S = \varepsilon_o ES.$$

$$\underline{q_{інд} = \varepsilon_o ES.} \qquad (8)$$

Опорний конспект №12

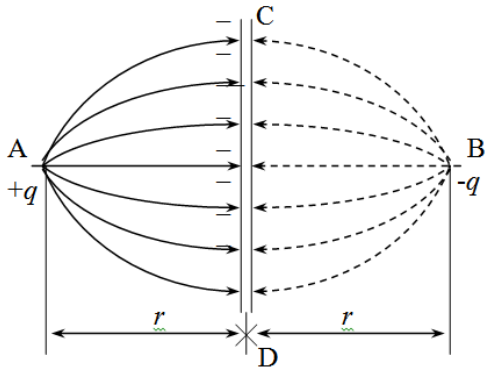
Вигляд силових ліній електростатичних полів провідної сфери з точковим зарядом в її середині



Опорний конспект №13

Метод зображень в електростатиці

провідна площина



$|q_{інд}| = q$

Провідна площина не змінює характер силових ліній поля

$\exists\, q_{зобр} = -q : \left| \begin{matrix} r_1 = r_2 = r \\ AB \perp CD \end{matrix} \right|$

Використані джерела

1. Мойсеюк Н.Є. Педагогіка: Навч. посібник для студ. вузів. – 2-е вид. – К.: Грамна, 1999. – 382 с.
2. Зимняя И.А. Педагогическая психология. Учебник для студентов вузов по педагогическим и психологическим направлениям. – М.: Логос, 1998. – 299 с.
3. Бугаєнко Г.О., Фонкіч М.Є. Електродинаміка. Теорія відносності. – К.: Радянська школа, 1965. – 312 с.
4. Венгер Є.Ф., Грибань В.М., Мельничук О. Г. Основи електродинаміки і теорії відносності. – К.: Вища школа, 2009. – 352 с.
5. Савельев И.В. Основы теоретической физики. Т.1. Механика. Электродинамика. – М.: Наука, 1991. – 494 с.
6. Сугаков В.Й. Теоретична фізика. Електродинаміка. – К.: Вища школа, 1974. – 361 с.
7. Федорченко А.М. Теоретична фізика: підручник : у 2 т. / А. М. Федорченко. – Т. 1 : Класична механіка і електродинаміка. – К. : Вища шк., 1992. – 535 с.
8. Федорченко А.М. Теоретична фізика. Класична механіка і електродинаміка. – К.: Вища школа, 1992. – 352 с.

Zakaliuzhny V.M., Shevchuk O.G.

SUPPORTING LECTURES ON THE THEME "ELECTROSTATICS" AS A MEANS OF ORGANIZING AND SUMMARIZING STUDENTS′ KNOWLEDGE OF PHYSICS

The work presented authoring system supporting summaries of electrostatics course "General Physics (Electricity and Magnetism)", which is part of educational and methodical complex discipline required credit-module system.

Key words: *generalization, systematization, charge, the principle of superposition, tension electrostatic field.*

Стаття рекомендована кафедрою фізики Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя.

Стаття надійшла до редакції: 14.04.2013