**Лекція 10. ЕЛЕКТРОСТАТИЧНЕ ПОЛЕ. ВЗАЄМОЗВЯЗОК НАПРУЖЕННОСТІ І ПОТЕНЦІАЛУ ПОЛЯ. ЕЛЕКТРИЧНA ЕМНІСТЬ СИСТЕМИ.**

В наступній лекції для опису електричного поля використано поняття роботи сил поля та введено до розгляду потенціал поля. Ця нова величина дуже корисна з практичної точки зору, тому що вона - скалярна величина. Її відносно просто вимірювати експериментально. В той же час напруженість поля – це основна характеристика поля. Необхідно вміти переходити від одній величини до другої. Пошуку цього взаємозв’язку присвячена наступна лекція.

**Взаємозв'язок напруженості і потенціалу поля. Напруженість поля як градієнт його потенціалу.**  
  
Знайдемо взаємозв'язок між напруженістю електростатичного поля - силовою характеристикою поля, і потенціалом - енергетичної характеристикою поля.

Робота по переміщенню одиничного точкового позитивного заряду з  
однієї точки поля в іншу уздовж осі «х» за умови, що точки розташовані нескінченно близько один до одного на відстані *dx*, дорівнює *dA = Fкул dx* = *Еqdx {Fкул=Еq}.*

Таж робота дорівнює 

Прирівнявши обидва вирази для розрахунків роботи і після скорочення, можемо записати:

 

або



де символ часткової похідної, який показує, що диференціювання проводиться тільки по змінній «х». (Подивитись в підручнику математики поняття часткової похідної функцій декількох змінних).  
Повторивши аналогічні міркування для осей у і z, можемо знайти вираз для вектору **Е:**



де  - одиничні вектори, що направлені вздовж координатних осей x, y, z.  
Вираз в дужках в математиці має свою особливу назву. Це операція часткового диференціювання називається градієнт.  
За визначенням градієнт це є наступною операцією диференціювання:

   
  
  тоді  
  
 

де оператор  і  оператор (набла - оператор) мають однаковий математичний сенс. Це символи виконання оператора взяття градієнту.

Таким чином, напруженість **Е** поля дорівнює градієнту потенціалу зі знаком (-). Знак (-) визначається тим, що вектор напруженості **Е** поля спрямований в бік зменшення потенціалу.  
Встановлений зв'язок між напруженістю поля і потенціалом дозволяє за відомою напруженістю поля знайти різницю потенціалів між двома довільними точками цього поля.  
Дійсно, якщо про інтегрувати ,

Можна отримати



Це і є інтегральний взаємозв'язок між потенціалом і напруженістю поля. Останній вираз дозволяє за **ВІДОМИМИ** виразами для напруженості поля, які находяться з теореми Гаусу, розраховувати потенціали поля.  
Так як потенціали легко вимірюються на практиці (вольтметри), то формули для потенціалів можна перевірити експериментально. Саме так і були доведені і перевірені всі висновки теорії електричного поля.

Таким чином, якщо необхідно дослідити електричне поле в системі, то цю проблему вирішують за наступною послідовністю: створюють в системі поле, виміряють потенціал в різних точках поля, будують еквіпотенціальні поверхні, перпендикулярно до них проводять силові лінії поля і відповідно математичним виразам розраховують величину градієнту потенціалу та отримають кількісну інформацію за величиною вектору ***Е.*** При цьому напрям вектору ***Е*** відомий, як дотична до силових ліній поля.

З виразу для взаємозв’язку між потенціалом поля та напруженістю слід раніше запроваджена одиниця напруженості електростатичного поля, яка дійсно дорівнює 1 В / м.

Застосовність наведених формул для взаємозв’язку між напруженістю та потенціалом в випадках полів, що створюються геометрично простими фігурами, може бути перевірено шляхом безпосереднього диференціювання виразів для потенціалів, які надані в підручниках. Істотно, що результатами такого диференціювання будуть вирази, що витікають з теореми Гаусу.

( якщо математичного досвіду достатньо, то вважаю доцільним, щоб ці операції ви спробували виконати самостійно).

**ЗАГАЛЬНІ МІРКУВАННЯ, що до опису електричних полів.**

Для опису електростатичного поля потрібно математично розв’язати ланцюжок наступних питань.  
За відомим зарядом в системі за теоремою Гауса необхідно розрахувати напруженість електричного поля (взяти «важкий , страшний» інтеграл по поверхні ). Щоб експериментально перевірити знайдену картину поля необхідно перерахувати напруженість поля в його потенціал (це передбачає виконання операції інтегрального перетворення відповідно до наведених формул ).

Ці інтегральні завдання дуже складні в математичному відношенні і в загальному випадку вони просто не можуть буди здійсненими аналітично. А картину поля знати треба !!!  
Завдання спрощують математично, ускладнюючи фізичні уявлення про способи розрахунків полів. Для цього вводять в розгляд поняття електричної ємкості системи.

**ЕЛЕКТРИЧНA ЕМНІСТЬ СИСТЕМИ.**

**Ланцюжок міркувань наступний:**  
Дійсно, згідно із законом Кулона напруженість поля пропорційна величині заряду в системі (див. закон Кулона). Взаємозв'язок потенціалу і напруженості поля хоч і інтегральна, але то ж лінійна.  
Тоді можна записати, що і сам потенціал в системі пропорційний заряду в ній.



або



де С - коефіцієнт пропорційності між напругою і напруженістю поля в системі.   
Звертаємо увагу, що з аналізу випадає необхідність розрахунку напруженості поля, тобто рішення інтегрального виразу теореми Гаусу.  
Величину С називають електроємність (або просто ємністю) системи.  
Відповідно до формули, ємність системи визначається зарядом, поява якого   
змінює потенціал на одиницю.

Одиниця електроємності - фарад (Ф): 1 Ф - ємність такої системи, потенціал якого змінюється на 1 В при наданні йому заряду 1 Кл.

**Ємність системи залежить тільки від її розмірів, форми і властивостей діелектрика в якому поширюється поле і не залежить від заряду та напруги в системі.**

**ЗАПЯМЯТАТИ** – Це принципово важливо та буде доведено далі.  
  
Для знаходження формул для розрахунку параметра С необхідно хоча б один раз пройти ланцюжок опису електричного поля за наступною схемою.

Подумки дати в систему заряд, розрахувати в ній електричне поле, перерахувати напруженість поля в його потенціал і знайти коефіцієнт пропорційності між зарядом і потенціалом поля в системі.  
Завдання не просте математично. Але воно виконується один раз і знайдені формули для ємності системи переносять в довідкову літературу і користуються в інженерних розрахунках. Тому використання поняття ємності - це спрощення, тому що інтеграли взяли теоретики, а інженери користуються вже виведеними формулами.

Основним положенням електростатики присвячено відповідні розділи завдання в пропонованому методичному посібнику.

Детально теоретичний матеріал за темою електростатичні поля наведено в рекомендованій літературі (Трофімова).

**ПАМЯТАЙТЕ:** Останні розділи теорії поля досить складні в математичному відношенні. Якщо в цих математичних викладках у вас виникнуть труднощі, то **Всі наявні труднощі** розберемо при особистих зустрічах.

**ЗАУВАЖЕННЯ:** Мій E-mail : **moskvinpavel56@gmail.com**