

**ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАКОНУ КУЛОНА ДО  
ВЗАЄМОДІЇ ЗАРЯДЖЕНИХ СТРИЖНІВ**

*Івашина Ю. К., Вдовіченко Т. О.  
Херсонський державний університет*

Визначення сили взаємодії між зарядженими тілами має важливе практичне та методичне значення. В основі його лежить експериментальний закон Кулона. Але він визначає взаємодію між точковими зарядами.

У випадку визначення взаємодії між зарядженими тілами необхідно розбивати їх на елементи, які розглядають як точкові заряди і визначити силу взаємодії між двома елементами тіл. Сумарну силу взаємодії між тілами визначають як результуючу елементарних сил шляхом їх інтегрування на об'ємах тіла. Така задача має суттєві математичні складності.

**Мета роботи** -визначення можливості застосування закону Кулона до розрахунку сили взаємодії заряджених стрижнів.

Розглянемо взаємодію найбільш типового видовженого тіла – стрижня, із точковим зарядом. Заряд стрижня  $q$  рівномірно розподілено на його довжині  $L$ . Визначимо силу дії стрижня на точковий заряд  $Q$ . Так як можливість застосування моделі точкового заряду залежить від відстані до точки спостереження і розмірів зарядженого тіла, будемо використовувати відносну відстань  $\frac{z}{L}$ .

Розглянемо характерні випадки розміщення заряду  $Q$ .

а) Точковий заряд знаходиться на осі стрижня на відстані  $z$  від його центра.

Сила з якою весь стрижень діє на заряд  $Q$  визначається шляхом інтегрування.

$$F = \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} dF = kqQ \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{dl}{(z-l)^2} = kqQ \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} dF = \frac{kqQ}{L^2 \left( \left( \frac{z}{L} \right)^2 - \frac{1}{4} \right)} \quad (1)$$

Сила взаємодії дії яка визначена на основі закону Кулона

$$F_k = \frac{kqQ}{z^2} = \frac{kqQ}{L^2 \left( \frac{z}{L} \right)^2} \quad (2)$$

*Таблиця 1*

**Залежність істинної сили  $F$  взаємодії між зарядженим стрижнем і зарядом  $Q$  розташованим на лінії стрижня і сили, визначеної за законом Кулона  $F_k$ , абсолютної  $\Delta F$  та відносної  $\varepsilon$  похибок в залежності від відносної відстані до заряду  $\frac{z}{L}$**

$\frac{z}{L}$	1	2	3	4	5	6	7
$F_k \cdot \frac{kqQ}{L^2}$	1	0,25	0,111	0,625	0,04	0,0277	0,020408
$F \cdot \frac{kqQ}{L^2}$	1,334	0,266	0,116	0,0634	0,0404	0,0279	0,020512
$\Delta F \cdot \frac{kqQ}{L^2}$	0,334	0,016	0,005	0,0009	0,0004	0,0002	0,000104
$\varepsilon, \%$	25	6	4,3	1,4	0,9	0,7	0,5

в) Точковий заряд  $Q$  знаходиться на відстані  $R$  на осі симетрії, перпендикулярній стрижню

Таблиця 2

Залежність істинної сили взаємодії між зарядженим стрижнем і зарядом  $Q$  розташованим на осі симетрії і сили, визначеної за законом Кулона  $F_k$ , абсолютної  $\Delta F$  та відносної  $\varepsilon$  похибок в залежності від відносної відстані до заряду  $\frac{R}{L}$ .

$\frac{R}{l}$	1	2	3	4	5	6
$E_k, \frac{kqQ}{L^2}$	1	0,25	0,111	0,0625	0,04	0,0278
$F, \frac{kqQ}{L^2}$	0,894	0,242	0,1096	0,0620	0,0398	0,0277
$\Delta, \frac{kqQ}{L^2}$	0,106	0,008	0,0014	0,0005	0,0002	0,0001
$\varepsilon, \%$	11,8	3,31	1,28	0,65	0,5	0,3

Аналіз результатів розрахунків, приведених в таблицях 1 і 2 показують, що закон Кулона можна застосовувати і для розрахунку взаємодії точкового заряду з протяжними в просторі тілами. В найбільш несприятливому напрямку (вздовж осі симетрії) відносна похибка визначення сили взаємодії стрижня з точковим зарядом не перевищує 0,5%, коли відстань від центра стрижня до заряду перевищує сім довжин стрижня.

Розглянемо силу взаємодії двох однорідно заряджених стрижнів, що мають однакову довжину  $L_1=L_2$ , та рівномірно заряджені  $q_1=q_2$ . Стрижень  $L_2$  розташований на осі симетрії стрижня  $L_1$ . Відстань від першого стрижня до центра другого стрижня –а.

Силу взаємодії між стержнями знаходили шляхом інтегрування елементарних сил між елементами стрижнів і порівнювали її з силою взаємодії, визначеною на основі закону Кулона. Розраховали абсолютну і відносну похибки в залежності від відносної відстані  $\frac{a}{L}$ .

Розрахунки взаємодії двох однорідно заряджених стрижнів дали, що похибка застосування закону Кулона не перевищує: 0,5% при  $\frac{a}{L} \geq 5$  при розташуванні одного стрижня на осі симетрії іншого; 0,9 при  $\frac{a}{L} \geq 5$  і 0,5% при  $\frac{a}{L} \geq 7$  при розташуванні стрижнів на одній лінії.