

Електричне поле. Закон Кулона

Під час розчісування сухе й чисте волосся «тягнеться» за пластмасовим гребінцем. У цьому випадку відбувається електризація: і волосся, і гребінець набувають електричного заряду.

Чому волосся навіть на відстані повторює рухи гребінця?

Вивчаючи взаємодію наелектризованих тіл, учені Майкл Фарадей (1791-1867) і Джеймс-Кларк Максвелл (1831-1879) установили, що у просторі навколо електричного заряду існує електричне поле. За допомогою цього поля і здійснюється електрична взаємодія.

1. Електричне поле

Електричне поле — це особлива форма матерії, що існує навколо заряджених тіл або частинок і діє з деякою силою на інші частинки або тіла, які мають електричний заряд.

Електрична сила – сила, з якою електричне поле діє на заряджені частинки або тіла.

2. Властивості електричного поля

Проведемо уявний дослід

Надамо усім кулькам позитивного заряду. Навколо кульок виникне електричне поле.

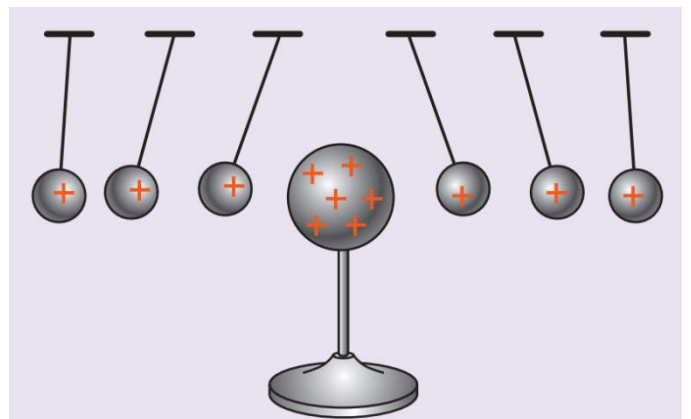
Висновки:

- *електричне поле існує в будь-якій точці простору, що оточує заряд (заряджену сферу);*

- *з віддаленням від заряду поле стає слабшим;*

- *електричне поле має енергію*, адже через його дію кулька набуває руху, відхиляючись на деякий кут;

- *електричне поле може існувати будь-де*, навіть у вакуумі (детальніше в старших класах)

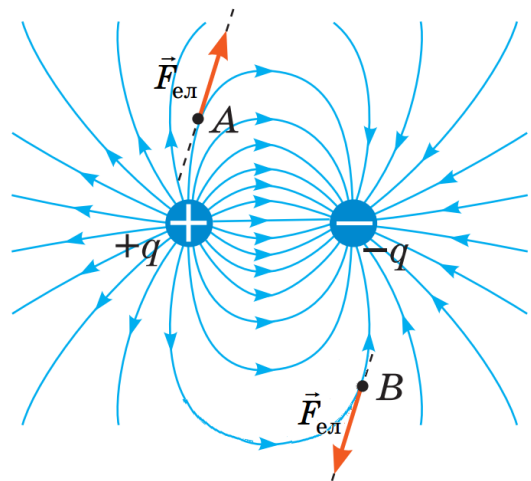


3. Графічне зображення електричного поля

Для графічного зображення електричного поля прийнято використовувати силові лінії.

Силові лінії електричного поля, або лінії електричного поля, — це умовні лінії, уздовж дотичних до яких на заряджене тіло діє сила з боку електричного поля.

Щільність силових ліній на рисунку залежить від того, наскільки сильним є електричне поле (чим сильніше електричне поле, тим щільніше розташовані лінії).



Якщо в точку *A* помістити позитивний заряд, то сила $\vec{F}_{\text{ел}}$ буде діяти вздовж дотичної в напрямку силової лінії. (якщо в точку *A* помістити негативний заряд, то напрямок сили буде протилежним напрямку сили $\vec{F}_{\text{ел}}$)

У точку *B* помістили негативний заряд.

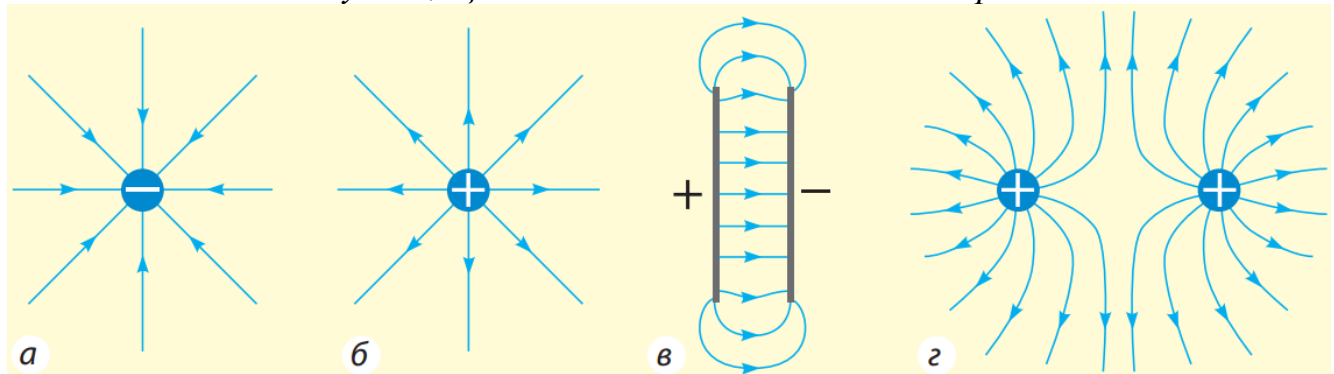
Картини силових ліній електричних полів, створених:

а — негативно зарядженою кулькою;

б — позитивно зарядженою кулькою;

в — системою двох паралельних пластин, заряди яких однакові за модулем і протилежні за знаком;

г — системою двох кульок, що мають однакові позитивні заряди



Силові лінії електричного поля починаються на позитивному заряді й закінчуються на негативному.

4. Вплив електричного поля на організм людини

Електричне поле існує:

- *В атмосфері Землі.* Поверхня Землі заряджена негативно, а верхні шари атмосфери — позитивно).

- *Навколо електротехнічних пристроїв.*

- *Навколо клітин й тканин організму людини.* Реєстрацію та вимірювання цих полів широко застосовують для діагностування різних захворювань (електроенцефалографія, електрокардіографія, електроретинографія).

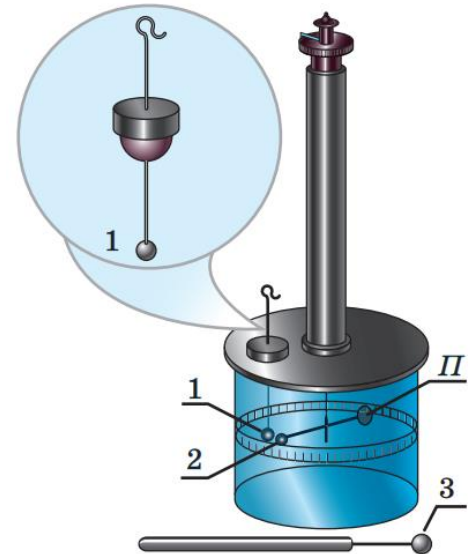
Дія зовнішнього електричного поля на клітини й тканини організму людини, призводить до негативних наслідків. Під впливом цих електричних полів у людини змінюються гормональний стан і біоструми мозку, що спричиняє погіршення пам'яті, підвищену стомлюваність.

5. Крутильні терези

Уперше закон взаємодії нерухомих зарядів був установлений французьким фізиком Шарлем Кулоном (1785 р). У своїх дослідках Кулон вимірював сили притягування й відштовхування заряджених кульок за допомогою сконструйованого ним приладу — *крутильних терезів*.

У скляний циліндр на спеціальному тримачі було поміщено заряджену кульку 1. Обертаючи кришку циліндра, дослідник домагався, щоб кульки 1 і 2 доторкнулись одна до одної і частина заряду з кульки 1 перейшла на кульку 2. Однойменні заряди відштовхуються, тому кульки розходилися на деяку відстань. За кутом закручування дроту Кулон визначав силу взаємодії зарядів.

Потім, обертаючи кришку циліндра, дослідник змінював відстань між кульками та знову вимірював силу їх відштовхування. Виявилось: коли відстань збільшувалась у два, три, чотири рази, сила взаємодії кульок зменшувалась відповідно в чотири, дев'ять і шістнадцять разів.



Сила F взаємодії двох точкових зарядів обернено пропорційна квадрату відстані r між ними:

$$F \sim \frac{1}{r^2}$$

Для виявлення залежності сили F від зарядів кульок Кулон застосував такий прийом. До наелектризованої кульки 1 він торкався незарядженою кулькою 3 такого самого розміру. Оскільки при цьому заряд розподілявся порівну між обома кульками, заряд пробної кульки 1 зменшувався вдвічі. Виявилось, що в стільки ж разів зменшилась і сила електричної взаємодії між 1 та 2 кульками.

Сила F взаємодії двох точкових зарядів q_1 і q_2 , прямо пропорційна добутку модулів цих зарядів:

$$F \sim |q_1| \cdot |q_2|$$

6. Закон Кулона

На підставі проведених дослідів Кулон установив закон, який згодом отримав його ім'я.

Закон Кулона

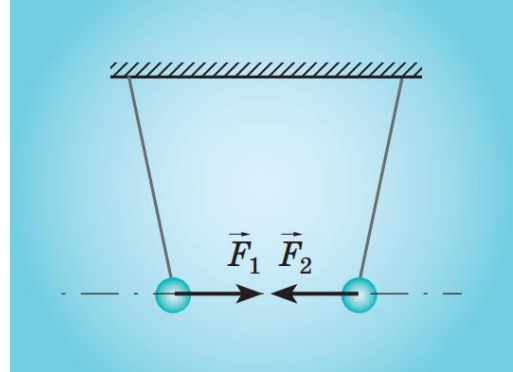
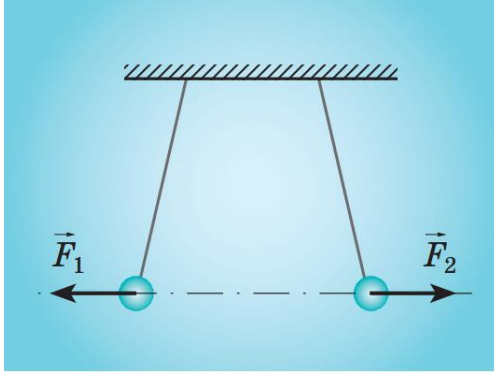
Сила F взаємодії двох нерухомих точкових зарядів q_1 і q_2 прямо пропорційна добутку модулів цих зарядів і обернено пропорційна квадрату відстані r між ними:

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

k — коефіцієнт пропорційності.

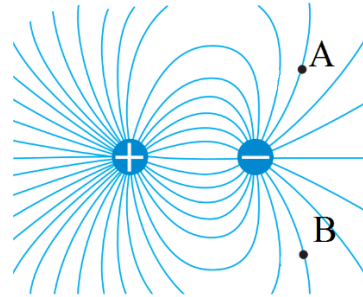
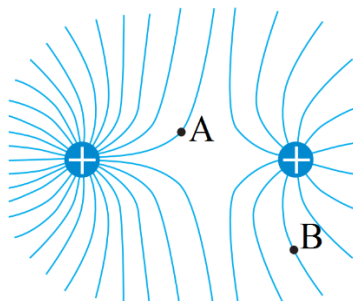
$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

Сили Кулона напрямлені вздовж умовної прямої, яка з'єднує точкові заряди, що взаємодіють.



7. Вчимося розв'язувати задачі

1. На рисунку зображено лінії електричних полів, створених двома різними за модулем зарядами. Для кожного випадку визначте: 1) напрямок силових ліній; 2) який заряд більший за модулем; 3) напрямок сили, що діє на позитивний заряд, розташований у точці А; 4) напрямок сили, що діє на негативний заряд, розташований у точці В.

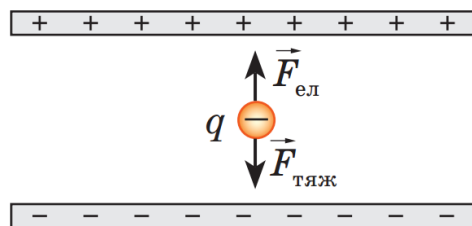


2. Між двома зарядженими пластинами зависла негативно заряджена крапелька олії. З якою силою взаємодіють крапелька олії і заряджені пластини, якщо маса крапельки становить 0,3 мг?

Дано:

$$\begin{aligned} m &= 0,3 \text{ мг} \\ &= 0,3 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \\ g &= 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \end{aligned}$$

Розв'язання



$$F_{\text{ел}} = F_{\text{тяж}} = mg$$

$$F_{\text{ел}} = 0,3 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \approx 3 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$$

Відповідь: $F_{\text{ел}} \approx 3 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$

3. Два заряди -3 нКл і 5 нКл розташовані на відстані 3 см один від одного. Визначте силу притягання між ними.

Дано:

$$q_1 = -3 \text{ нКл} \\ = -3 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q_2 = 5 \text{ нКл} \\ = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$r = 3 \text{ см} = \\ 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

$$F = ?$$

Розв'язання

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

$$[F] = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \frac{\text{Кл}^2}{\text{м}^2} = \text{Н}$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{3 \cdot 10^{-9} \cdot 5 \cdot 10^{-9}}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = \frac{135 \cdot 10^{-9}}{9 \cdot 10^{-4}} \\ = 15 \cdot 10^{-5} (\text{Н})$$

Відповідь: $F = 15 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$.

4. На якій відстані потрібно розташувати два точкових заряди 5 нКл і 6 нКл, щоб вони відштовхувалися один від одного із силою, рівною $12 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$?

Дано:

$$q_1 = 5 \text{ нКл} \\ = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q_2 = 6 \text{ нКл} \\ = 6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$F = 12 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

Розв'язання

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

$$F \cdot r^2 = k \cdot |q_1| \cdot |q_2|$$

$$r^2 = \frac{k \cdot |q_1| \cdot |q_2|}{F} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{k \cdot |q_1| \cdot |q_2|}{F}}$$

$$[r] = \sqrt{\frac{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \text{Кл}^2}{\text{Н}}} = \sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Н}}} = \sqrt{\text{м}^2} = \text{м}$$

$$r = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 6 \cdot 10^{-9}}{12 \cdot 10^{-4}}} = \sqrt{\frac{270 \cdot 10^{-9}}{12 \cdot 10^{-4}}} \\ = \sqrt{22,5 \cdot 10^{-5}} = \sqrt{225 \cdot 10^{-6}} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Відповідь: $r = 15 \text{ мм}$.