

**ДІЕЛЕКТРИКИ В  
ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ.  
КОНДЕНСАТОРИ  
КОНДЕНСАТОРН**

1

# Поведінка діелектриків в електричному полі

# ДІЕЛЕКТРИКИ

Діелектриками називають речовини, у яких відсутні **ВІЛЬНІ** заряджені частинки (наприклад, вільні електрони, як у металах).

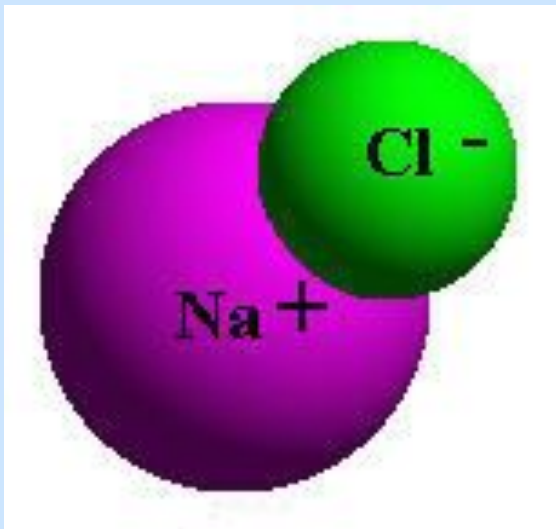
В результаті діелектрики **НЕ ПРОВОДЯТЬ** електричний струм, оскільки **немає частинок, які б переміщувались під дією електричного поля.**

Діелектриками є багато твердих тіл (пластмаси, кераміка, янтар, скло, гума тощо), деякі рідини (наприклад, дистильована вода) та всі гази.

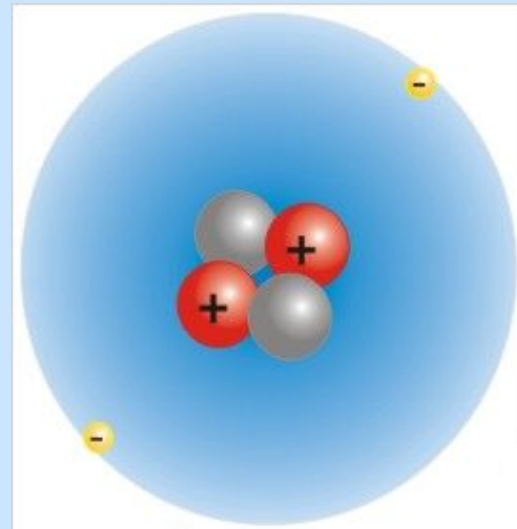


# ВИДИ ДІЕЛЕКТРИКІВ

## Полярні



## Неполярні



**Існують два типи діелектриків: полярні та неполярні. Різниця між ними пов'язана з будовою їх молекул (атомів).**

**Поведінка**

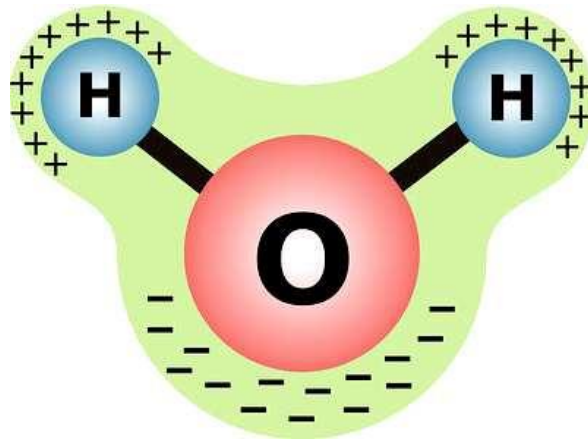
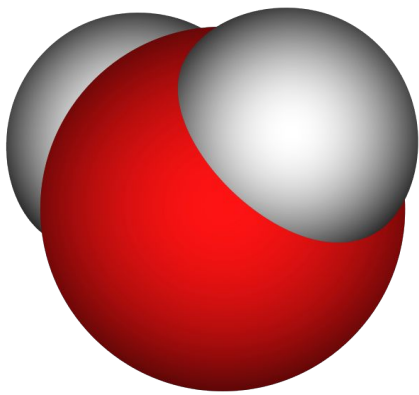
**полярних**

**діелектриків в**

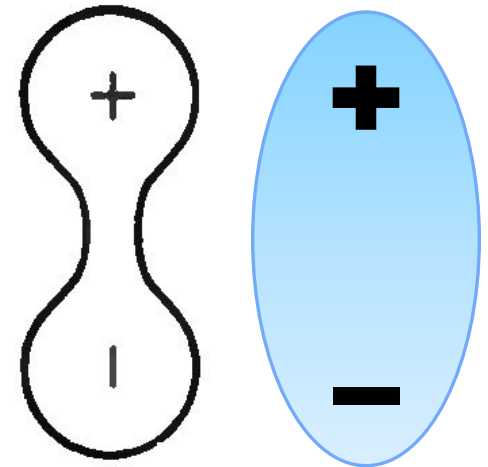
**електричному полі**

# ПОЛЯРНІ ДІЕЛЕКТРИКИ

Прикладом полярного діелектрика може бути вода (чиста, без домішок). У молекулі води електричний заряд розподілений **не симетрично**. В результаті її можна розглядати як ДИПОЛЬ – систему з двох розподілених зарядів (заряди + та -, віддалені один від одного на певну відстань).

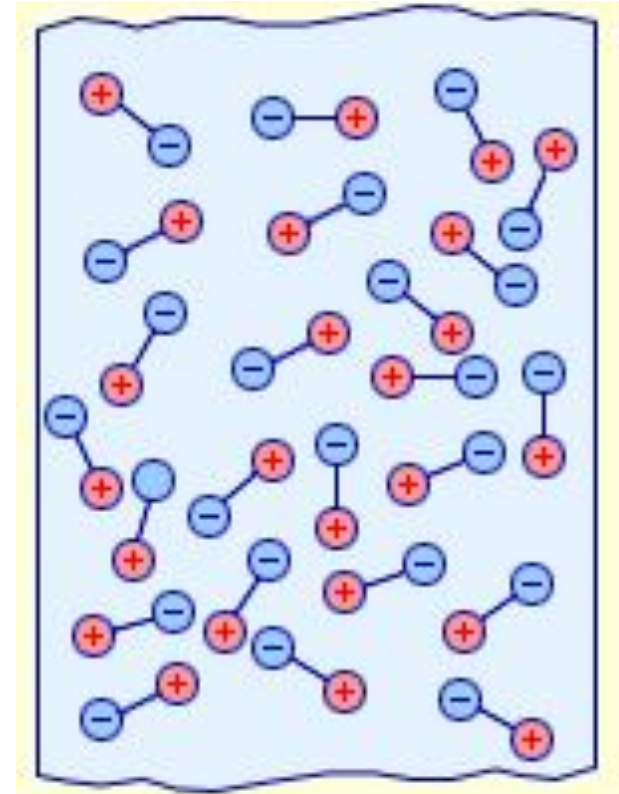
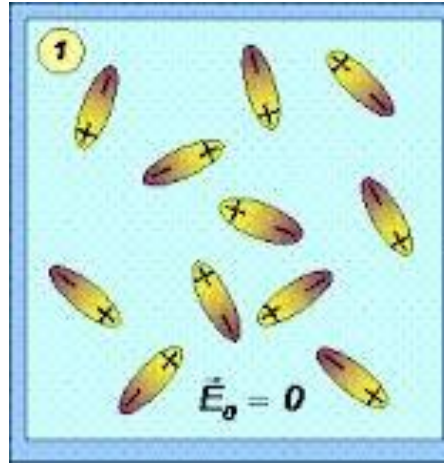
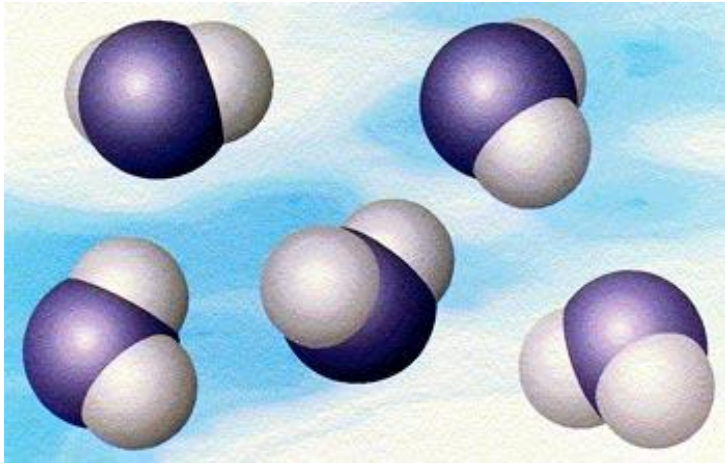


Нерівномірний розподіл заряду у молекулі



Умовні позначення  
диполя

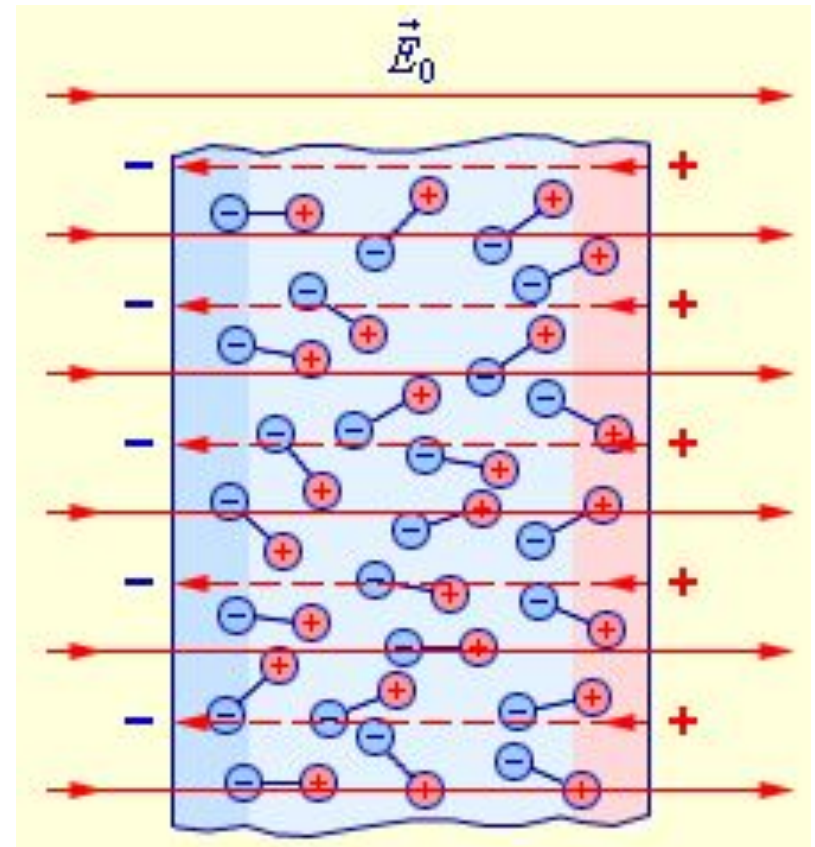
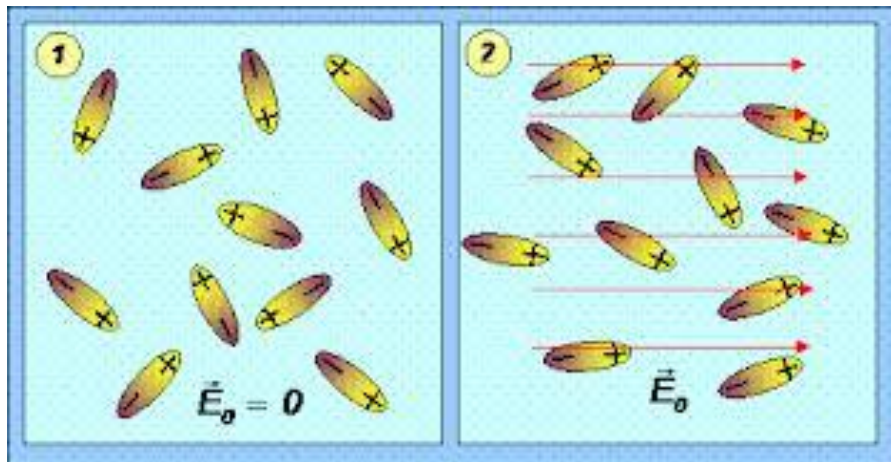
# ПОЛЯРНІ ДІЕЛЕКТРИКИ



**За відсутності електричного поля молекули полярного діелектрика орієнтуються хаотично.**

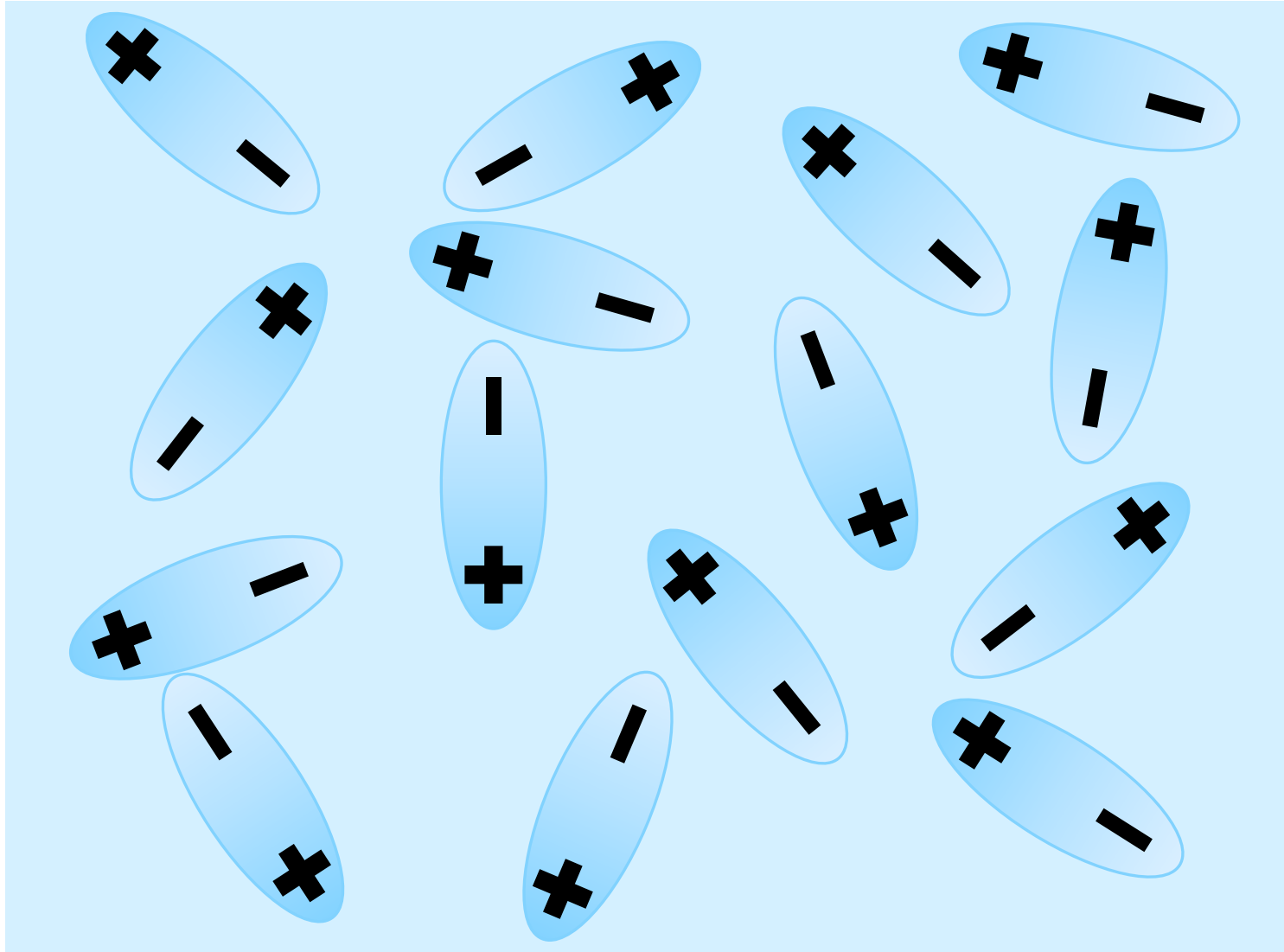
# ПОЛЯРНІ ДІЕЛЕКТРИКИ В Е-ПОЛІ

Якщо ж полярний діелектрик помістити у **зовнішнє** електричне поле  $E_0$ , то під його впливом відбудеться переорієнтація диполів. З одного боку діелектрика виникне надлишок позитивного заряду, з протилежного – негативного (це називають **поляризацією**). В діелектрику виникне **індукційне** електричне поле  $E_i$ , протилежне за напрямом зовнішньому полю.

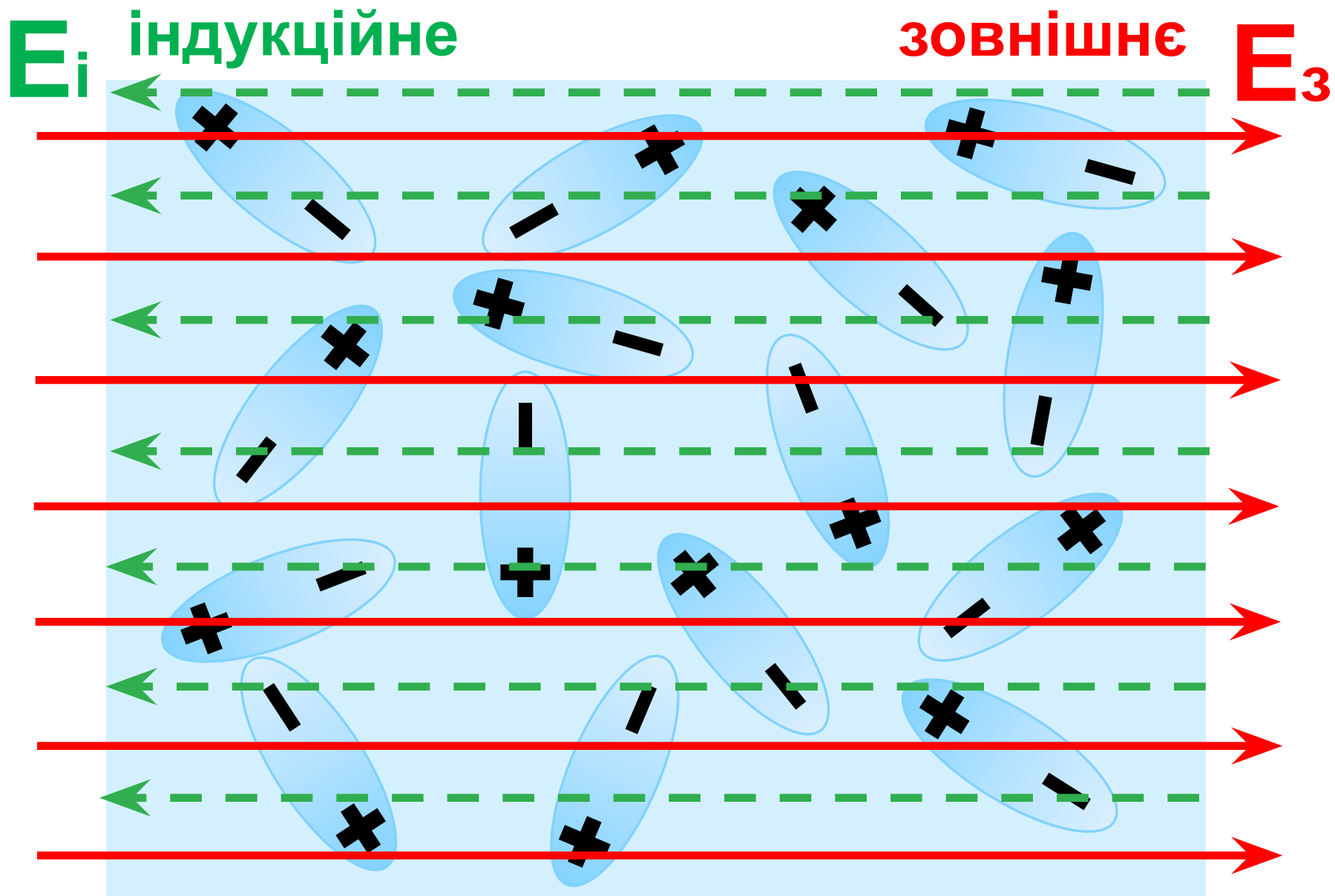




# ПОЛЯРНИЙ ДІЕЛЕКТРИК В ЗВИЧАЙНОМУ СТАНІ



# ПОЛЯРНИЙ ДІЕЛЕКТРИК В ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ



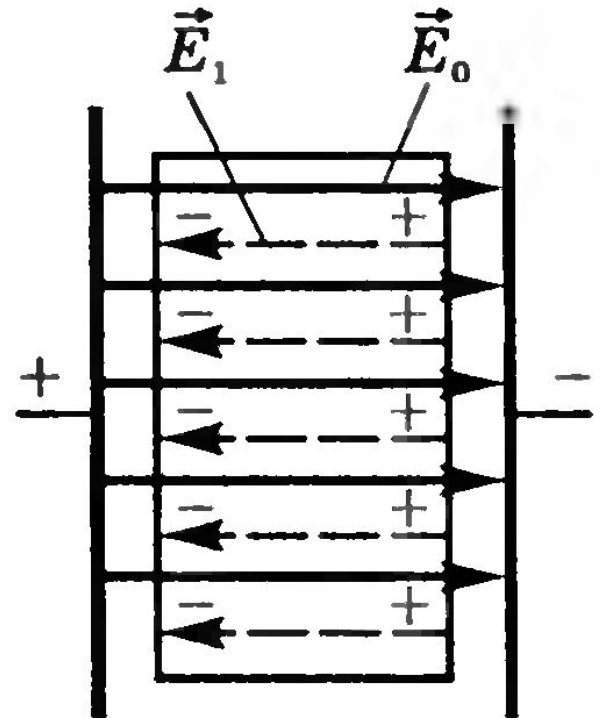
# ПОЛЯРНІ ДІЕЛЕКТРИКИ В Е-ПОЛІ

Результатом суперпозиції двох електричних полів – зовнішнього електричного поля і власного поля діелектрика – буде електричне поле, співнаправлене з зовнішнім, однак дещо **слабше** за величиною.

$$E = E_0 - E_1$$

Число, яке показує, у скільки разів ослабилось поле у діелектрику, називається **діелектричною проникністю**  $\varepsilon$ :

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E}$$



**Поведінка**

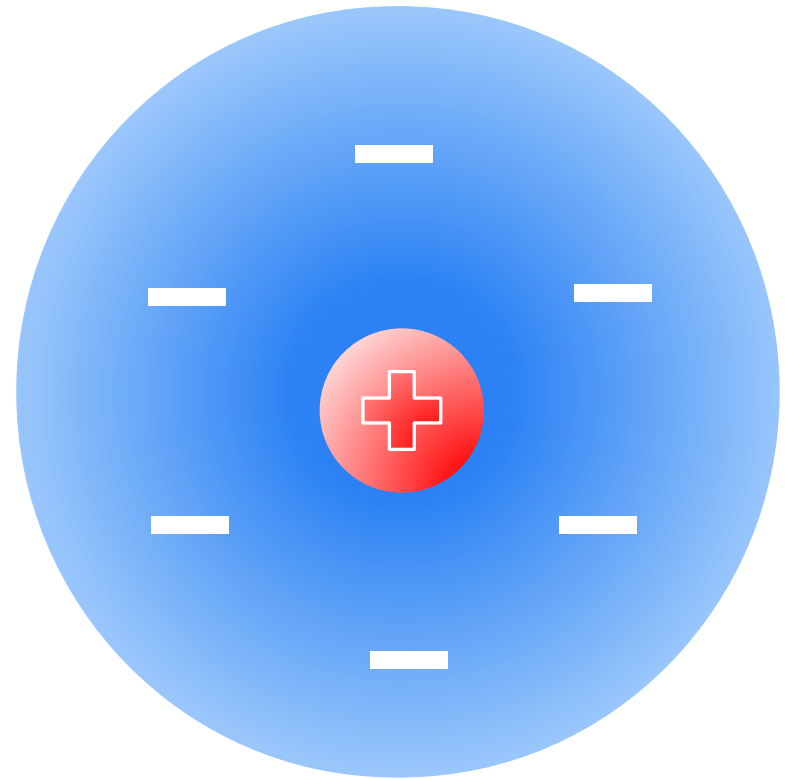
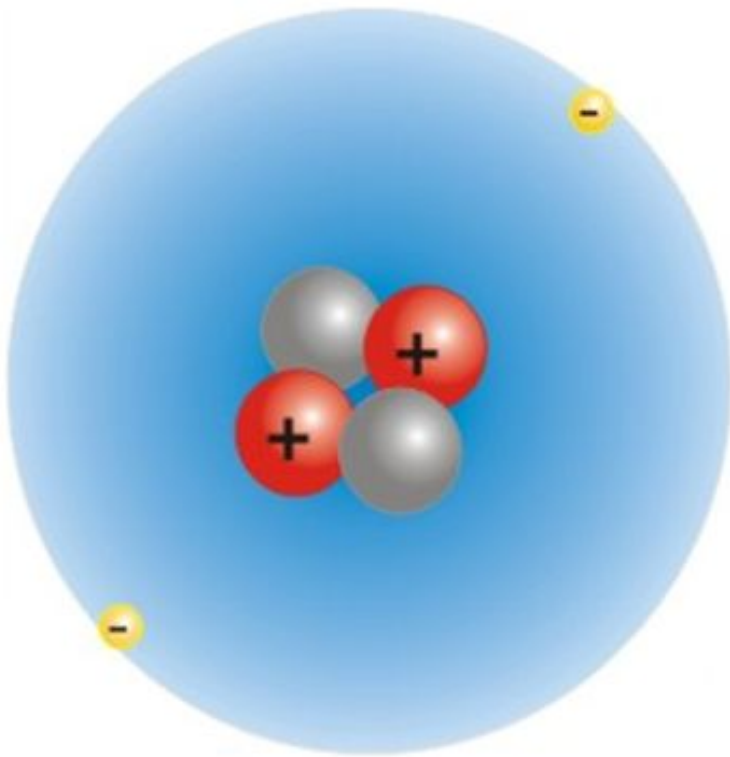
**неполярних**

**діелектриків в**

**електричному полі**

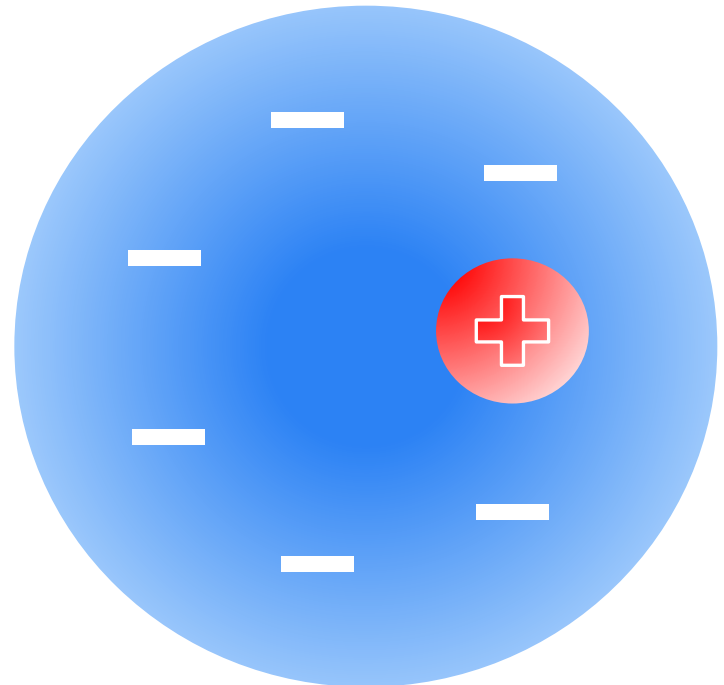
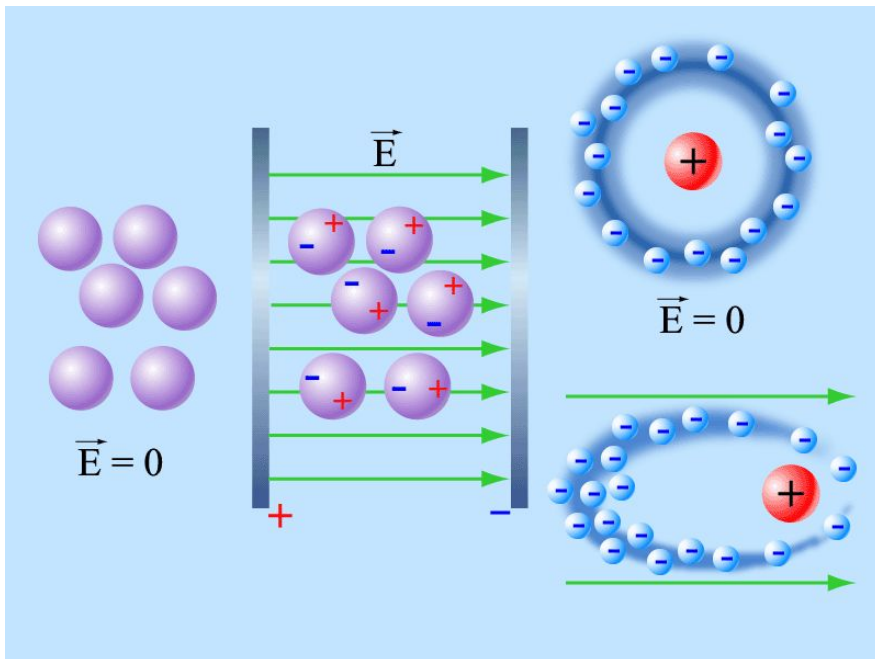
# НЕПОЛЯРНІ ДІЕЛЕКТРИКИ

Прикладами неполярного діелектрика може бути інертні газы (у них атомарна структура). У атомі електричний заряд розподілений **симетрично** (центри розподілу позитивного і негативного зарядів співпадають).

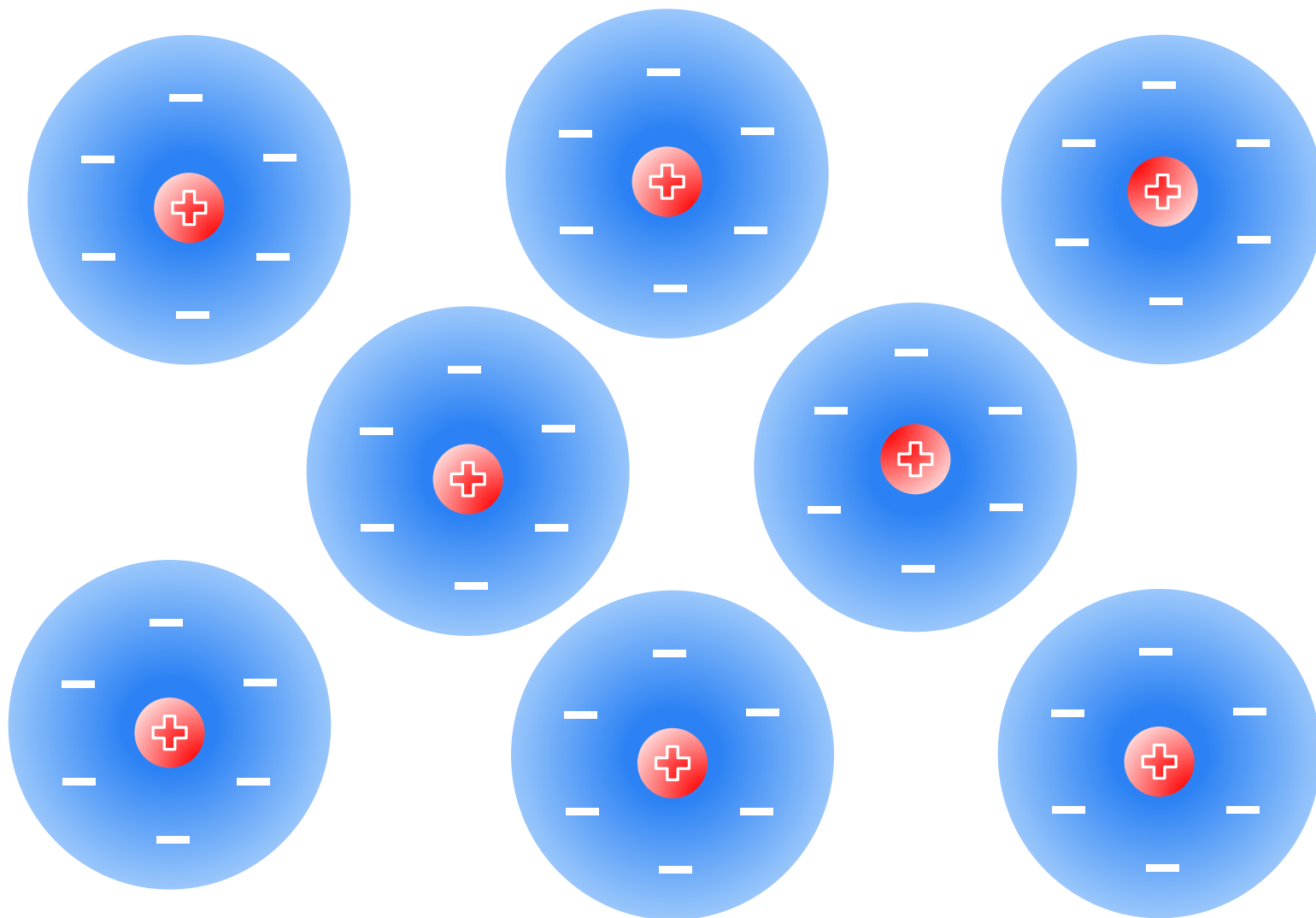


# НЕПОЛЯРНІ ДІЕЛЕКТРИКИ В Е-ПОЛІ

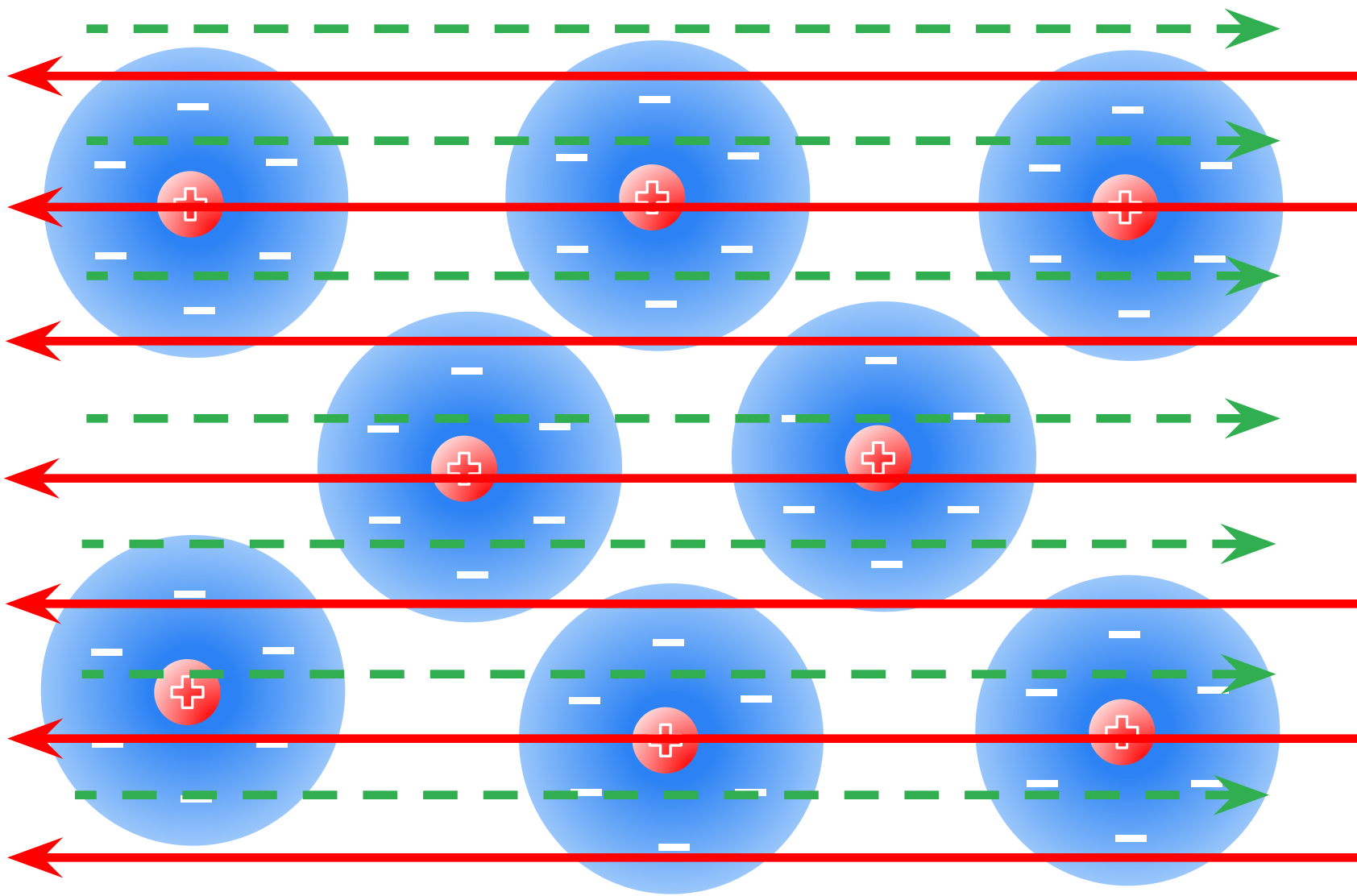
Якщо неполярний діелектрик помістити у **зовнішнє** електричне поле  $E_0$ , то під його впливом відбудеться переорієнтація в просторі ядра та електронної оболонки, в результаті чого утвориться ДИПОЛЬ. Подальша поведінка аналогічна полярним діелектрикам. Електронна поляризація відбувається за час  $10^{-15}$  с.



# НЕПОЛЯРНИЙ ДІЕЛЕКТРИК В ЗВИЧАЙНОМУ СТАНІ

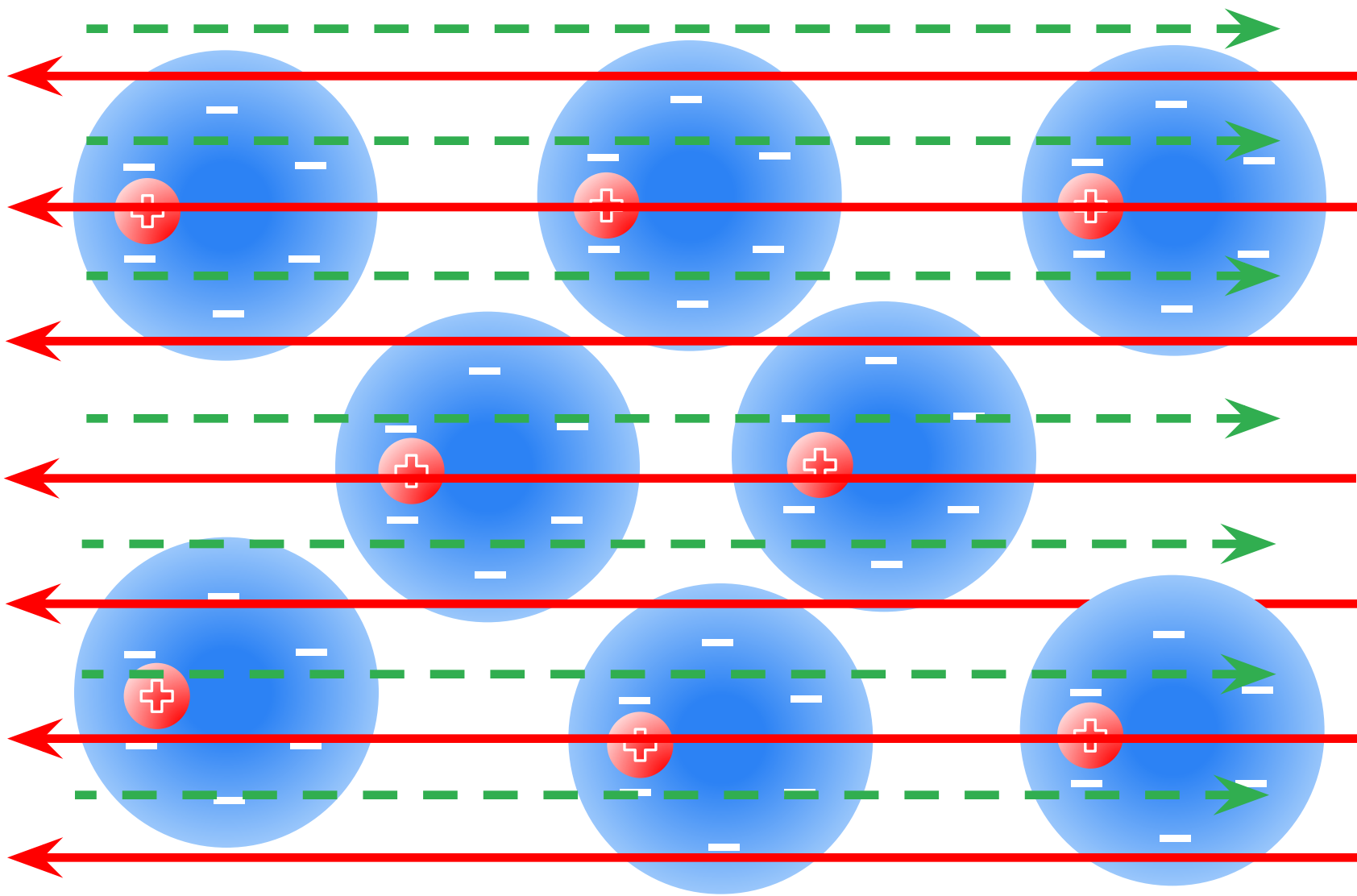


# НЕПОЛЯРНИЙ ДІЕЛЕКТРИК В ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ



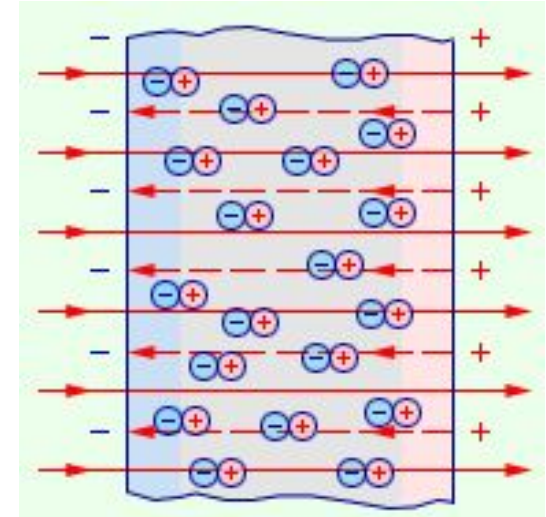


# НЕПОЛЯРНИЙ ДІЕЛЕКТРИК В ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ



# НЕПОЛЯРНІ ДІЕЛЕКТРИКИ В Е-ПОЛІ

Отже, у полярних діелектриках під дією зовнішнього Е-поля на протилежних його поверхнях теж виникає надлишкова концентрація + та – зарядів, в результаті чого створюється індукційне електростатичне поле, яке дещо послаблює зовнішнє. Діелектрична проникність неполярних діелектриків дещо *більша*, аніж у полярних.



## СЕГНЕТОЕЛЕКТРИКИ

Існує і третій тип діелектриків, в яких спостерігається самовільна поляризація без дії зовнішнього поля. Такі діелектрики називають сегнетоелектриками.

# ДІЕЛЕКТРИЧНА ПРОНИКНІСТЬ ( $\epsilon$ )

Для вакууму  $\epsilon = 1$

Тверді тіла	$\epsilon$
Парафін	1,9 – 2,2
Поліетилен	2,25
Папір	2,0 – 3,5
Оргскло	3,5
Дерево сухе	2,3 – 3,7
Гума	3,0 – 6,0
Порцеляна	4,4 – 6,8
Скло	6 - 10
Лід	70
Титанат барію	1200

Рідини	$\epsilon$
Бензин	1,9 – 2,0
Масло трансф.	2,2
Спирт	26
Гліцерин	43
Вода	81

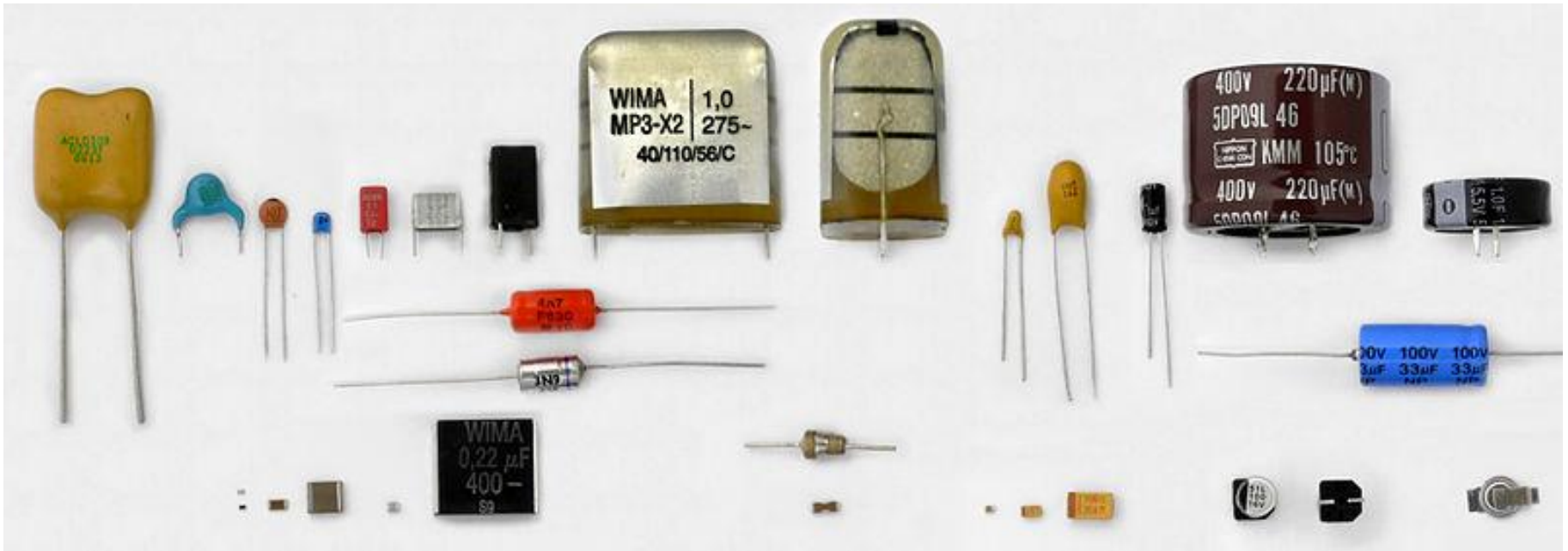
Гази	$\epsilon$
Гелій	1,000068
Водень	1,000252
Азот	1,000528
Повітря	1,00057
Вугл. газ CO <sub>2</sub>	1,00099

2

# **Електрична ємність. Конденсатори**

# КОНДЕНСАТОР

**Конденсатор** – це система з двох чи більше провідників (електродів, обкладок), розділених шаром діелектрика, товщина якого менша у порівнянні з розміром провідників. Така система здатна зберігати електричний заряд. Конденсатори широко використовують в електротехніці.

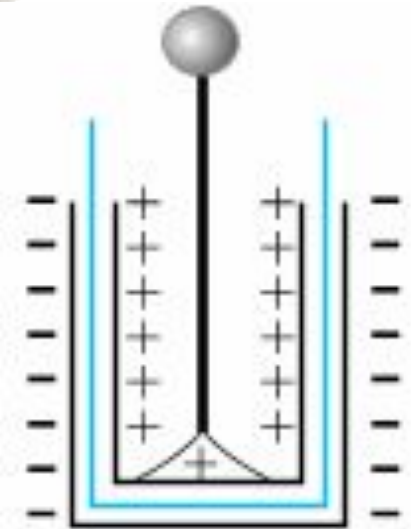


Condensio (лат.) – ущільнюю, згущую.

# КОНДЕНСАТОР

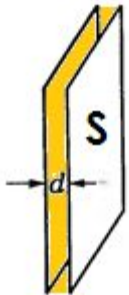
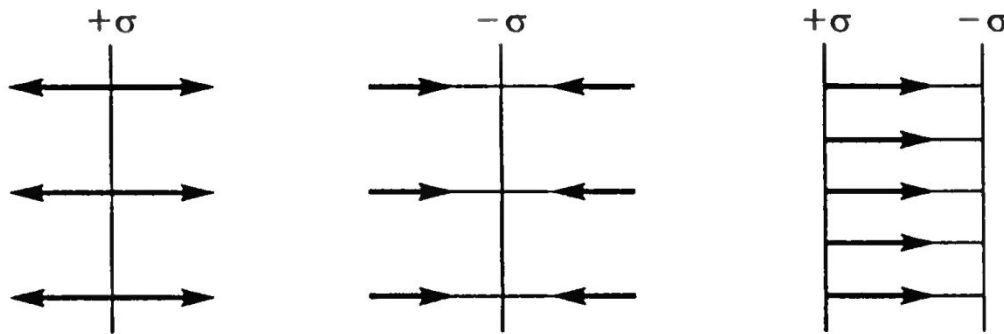
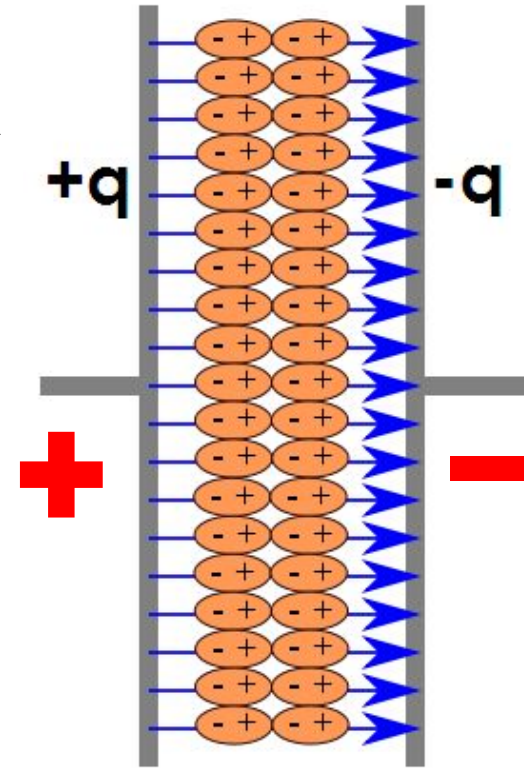
Перший конденсатор – «лейденську банку» - створили у 1745 році у німецькому місті Лейден фізик Едвальд Юрген фон Клейст та Пітер ван Мушенбрук. Це була закупорена та наповнена водою скляна банка, обклеєна всередині та зовні фольгою. Крізь кришку у банку був введений металевий стержень.

Лейденська банка накопичувала заряд близько 1 мкКл. Завдяки Лейденській банці вперше вдалося отримати штучну електричну іскру.



# ПЛОСКИЙ КОНДЕНСАТОР

Найпростіший конденсатор – це дві металічні пластини з шаром діелектрика (наприклад, повітря) між ними. Його називають **плоским конденсатором**. Якщо пластинам надати однакового заряду різних знаків, між пластинами виникне однорідне Е-поле.



Напруженість Е-поля плоского конденсатора і сила притягання його пластин:

$$E = \frac{U}{d}$$

$$F = \frac{q^2}{2\epsilon\epsilon_0 S}$$

Електрична стала  
 $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м

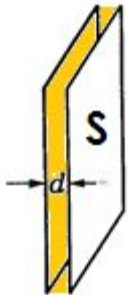
# ЄМНІСТЬ КОНДЕНСАТОРА

Основною характеристикою конденсатора є його **електрична ємність** – відношення накопиченого на обкладках заряду до напруги (різниці потенціалів) між обкладками:

$$C = \frac{q}{U}$$

Одиниця вимірювання електроємності – **фарад** [**Ф**]:

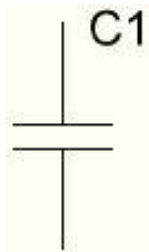
$$1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл} : 1 \text{ В}$$



Ємність плоского конденсатора з пластинами площею  $S$  кожна та відстанню між ними  $d$ , заповненого діелектриком з діелектричною проникністю  $\epsilon$ :

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

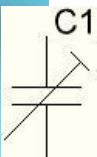
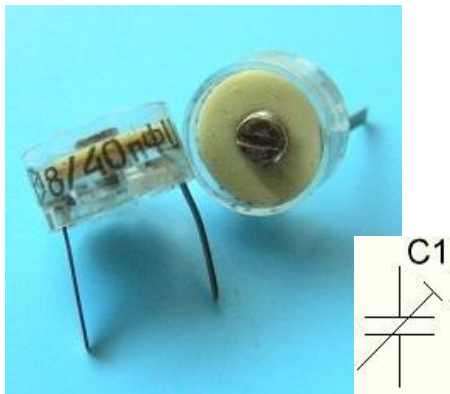
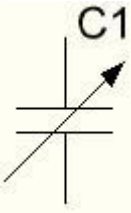
$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$$





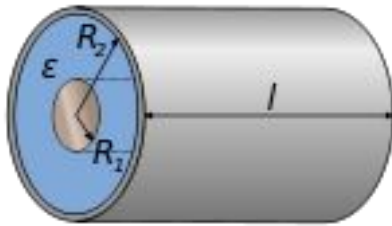
# ЄМНІСТЬ КОНДЕНСАТОРА

В техніці використовують також **конденсатори змінної ємності**. Ємність таких конденсаторів може змінюватись, частіше всього за рахунок площі перекриття їх пластин. Деякі з пластин таких конденсаторів нерухомі, а між ними поміщені пластини, що можуть обертатись навколо спільної осі.



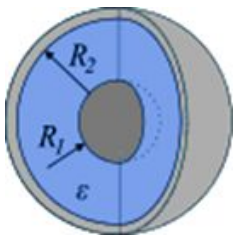
# ФОРМИ КОНДЕНСАТОРІВ

Крім плоских, бувають конденсатори і іншої форми:



**Циліндричні**  
конденсатори

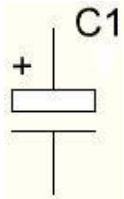
$$C = 2\pi\epsilon\epsilon_0 \frac{l}{\ln(R_2/R_1)}$$



**Сферичні**  
конденсатори

$$C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 \frac{R_2 \cdot R_1}{R_2 - R_1}$$

В **рулонних** конденсаторах довгі смужки алюмінієвої фольги розділені смужкою паперу, просоченого електролітом.



# ЕНЕРГІЯ КОНДЕНСАТОРА

Енергію, накопичену електричним полем конденсатора, можна обчислити за формулами:

$$W = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$$



Ця робота рівна роботі по розділенню позитивних і негативних зарядів під час зарядки конденсатора; ця ж енергія виділиться при повній його розрядці.

Для плоского конденсатора:

$$W = \frac{CE^2 d^2}{2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S d^2 E^2}{2d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} S d = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} V$$

# З'ЄДНАННЯ КОНДЕНСАТОРІВ

## ПАРАЛЕЛЬНЕ З'ЄДНАННЯ

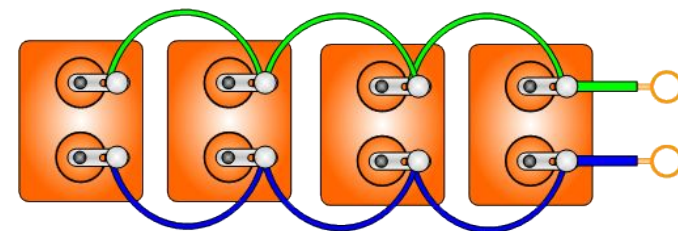
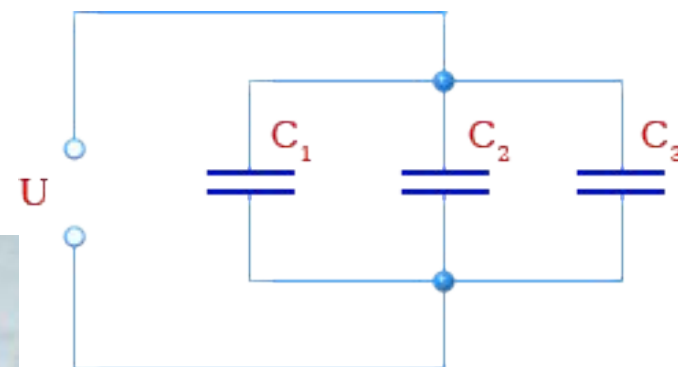
З'єднавши конденсатори **паралельно**, можна **збільшити ємність** отриманої системи. В цьому випадку напруги на конденсаторах однакові, а заряд системи рівний сумі окремих зарядів:

$$U_1 = U_2 = U_3$$

$$q = q_1 + q_2 + q_3$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

Для N однакових конденсаторів  
 $C = N \cdot C_1$



# З'ЄДНАННЯ КОНДЕНСАТОРІВ

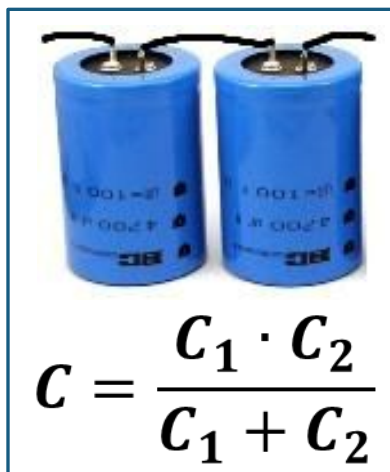
## ПОСЛІДОВНЕ З'ЄДНАННЯ

З'єднавши конденсатори **послідовно**, ми надамо заряди від джерела лише крайнім зовнішнім обкладкам системи; заряди ж кожного конденсатора будуть рівні. Ємність системи при цьому **зменшиться**:

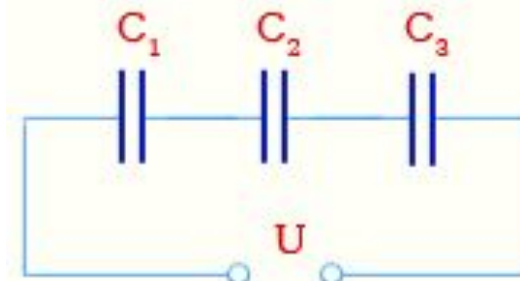
$$q_1 = q_2 = q_3$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$



$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$



Для  $N$  однакових конденсаторів  
 $C = C_1 : N$

Схема подключения

Принципиальная схема

Сохранить вычисления на картинку

C1 (пФ): 100

C2 (пФ): 200

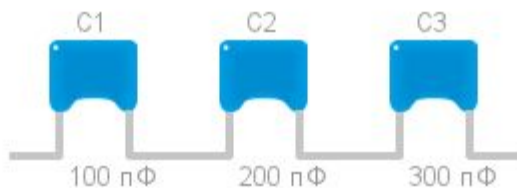
C3 (пФ): 300

X

Добавить

Расчет

Очистить



Результат: 54.55 пФ

Поделиться

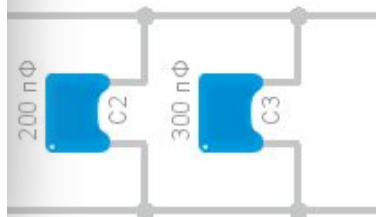
Адреси он-лайн калькуляторів для обчислення ємності системи конденсаторів:

Принципиальная схема

тинку

Расчет

Очистить



Результат: 600 пФ

Поделиться

[http://cxem.net/calc/capacitor\\_series\\_calc.php](http://cxem.net/calc/capacitor_series_calc.php)

[http://cxem.net/calc/capacitor\\_parallel\\_calc.php](http://cxem.net/calc/capacitor_parallel_calc.php)

Спасибі за увагу!