

**ДІЕЛЕКТРИКИ В
ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ.
КОНДЕНСАТОРИ
КОНДЕНСАТОРЬН**

1

Поведінка діелектриків в електричному полі

ДІЕЛЕКТРИКИ

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

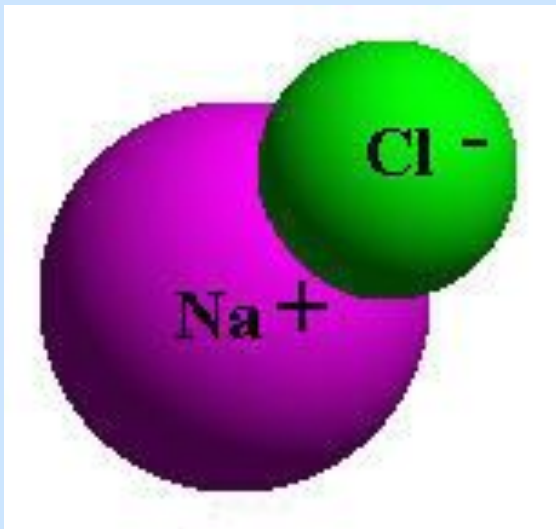
В результаті діелектрики **НЕ ПРОВОДЯТЬ** електричний струм, оскільки **немає частинок, які б переміщувались під дією електричного поля.**

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

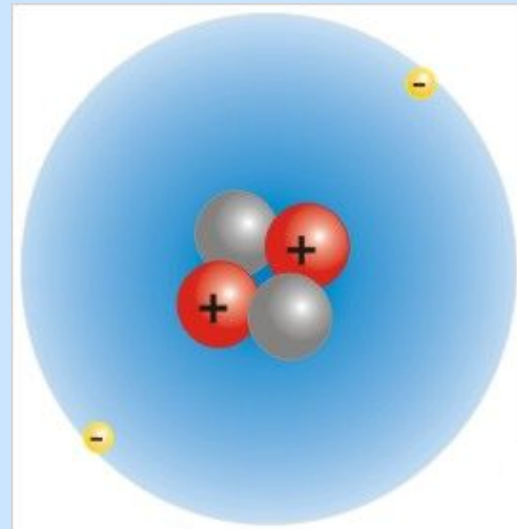


ВИДИ ДІЕЛЕКТРИКІВ

Полярні



Неполярні



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

Поведінка

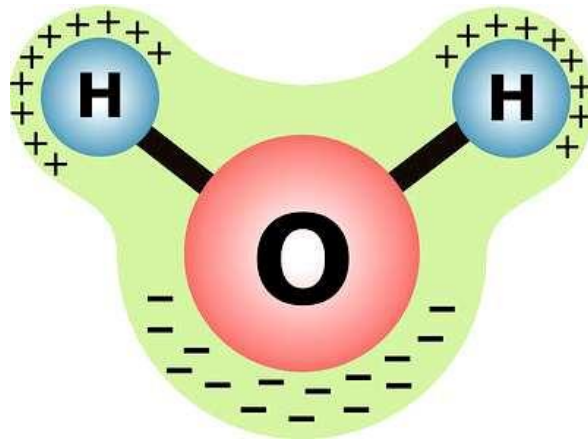
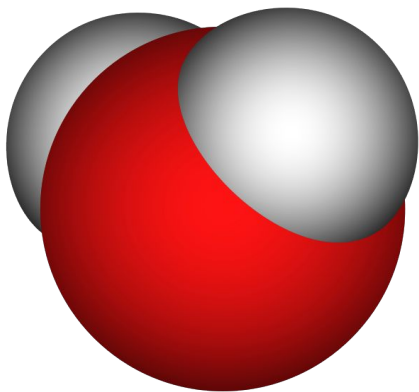
полярних

діелектриків в

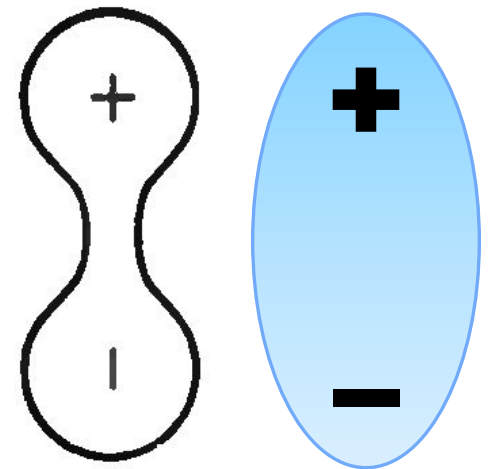
електричному полі

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).

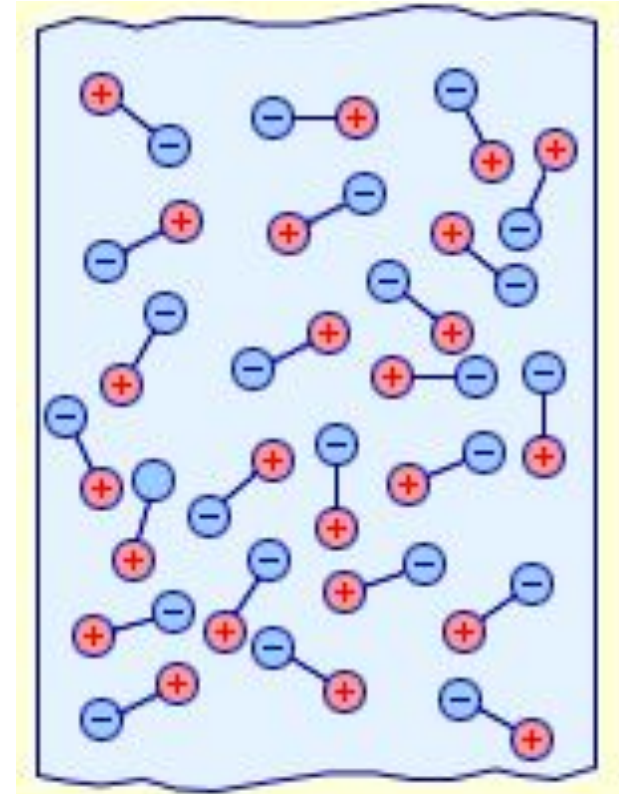
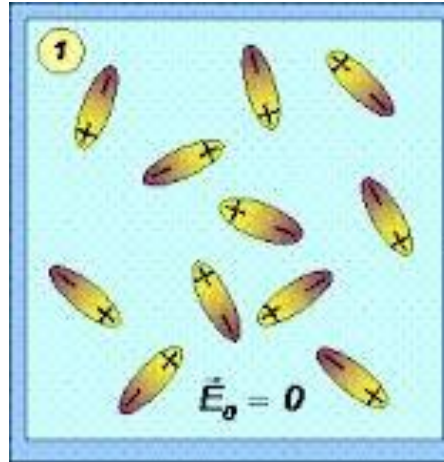
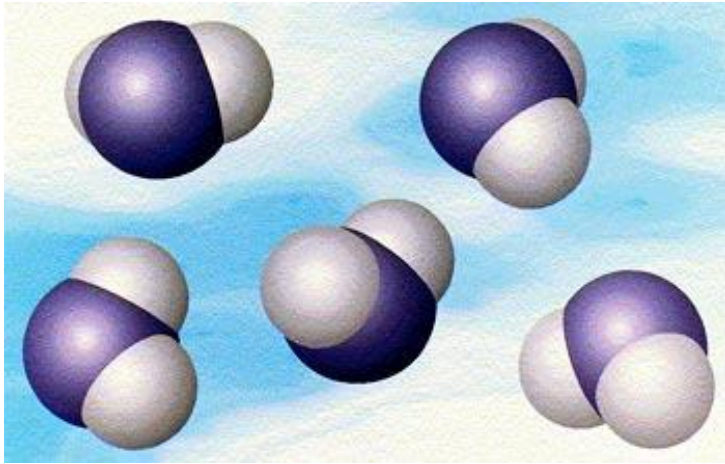


Нерівномірний розподіл заряду у молекулі



Умовні позначення
диполя

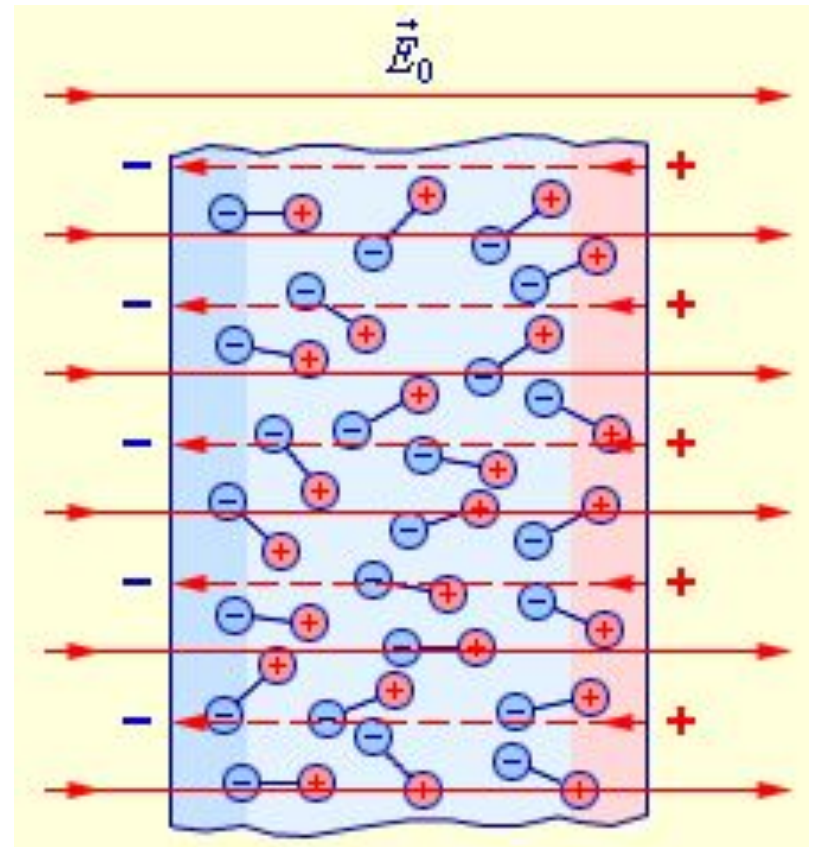
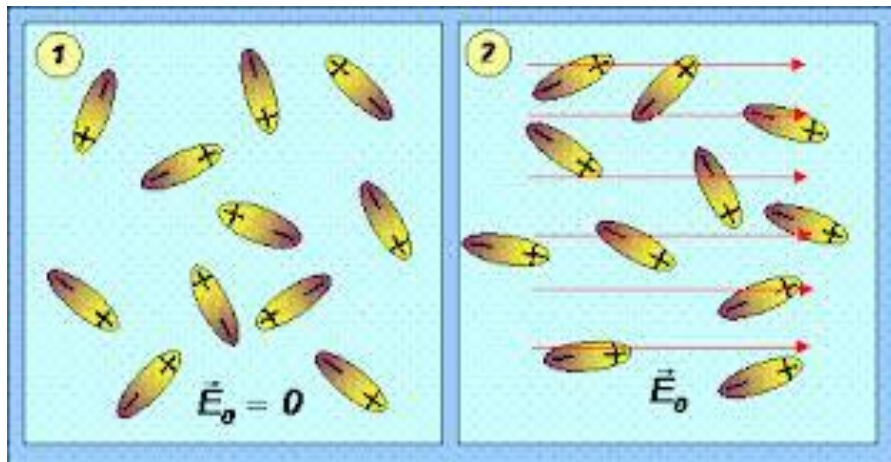
ПОЛЯРНІ ДІЕЛЕКТРИКИ



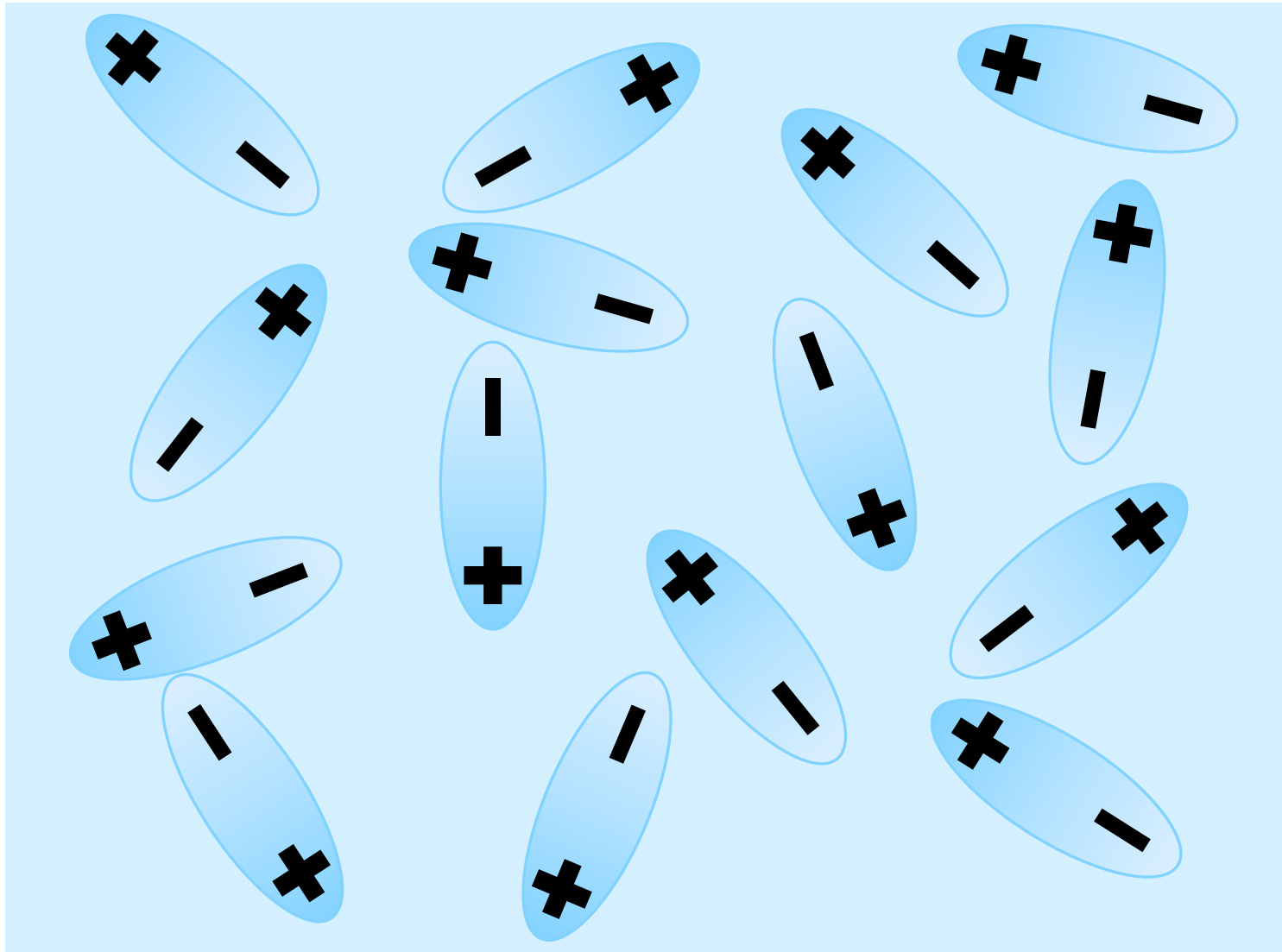
За відсутності електричного поля молекули полярного діелектрика орієнтуються хаотично.

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

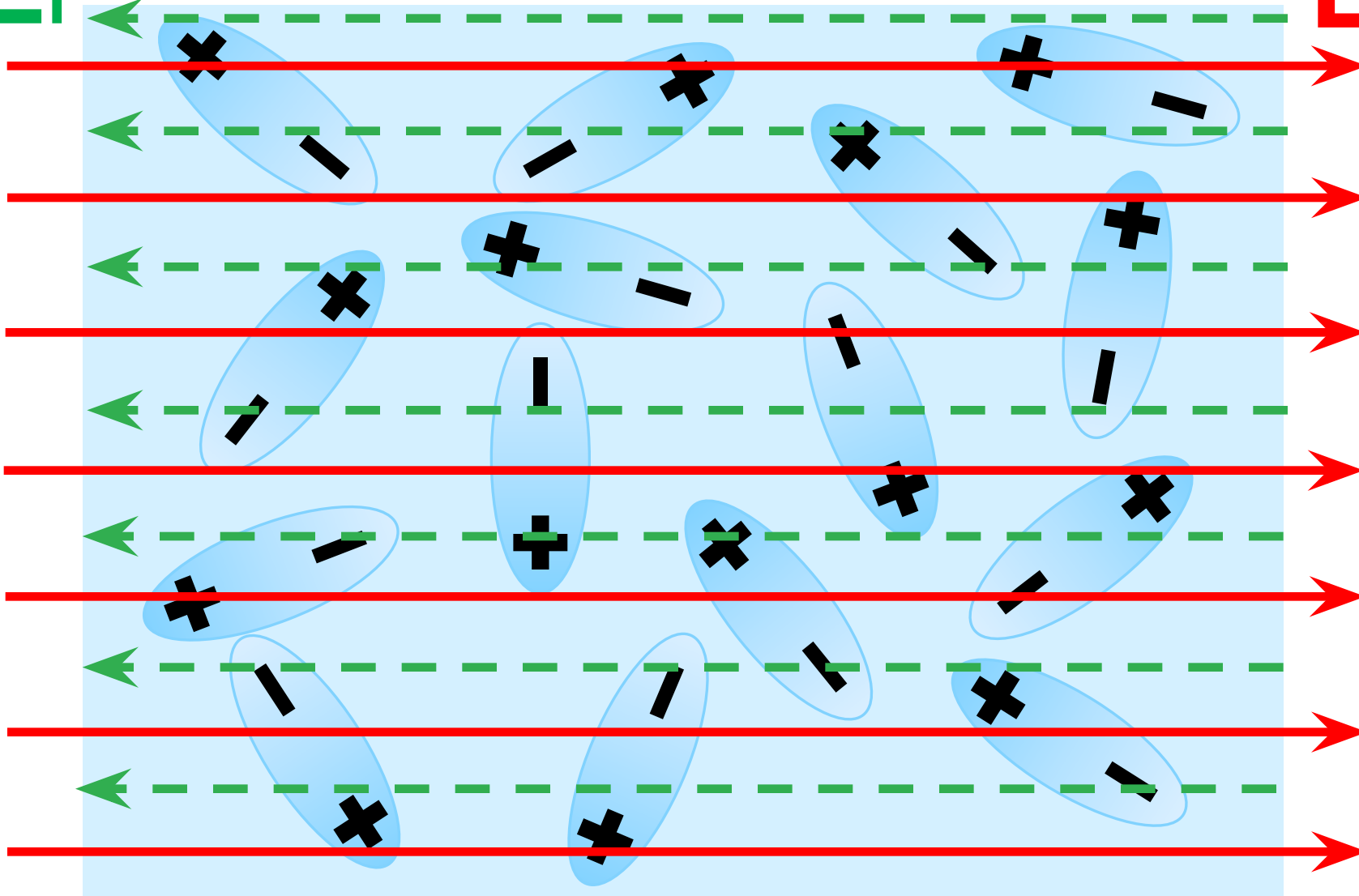


ПОЛЯРНИЙ ДІЕЛЕКТРИК В ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ

E_i індукційне

ЗОВНІШНЄ

E_3



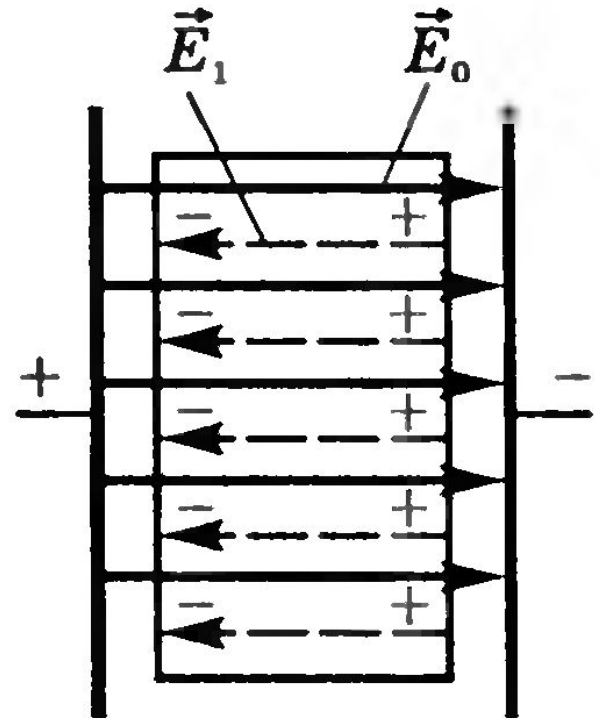
ПОЛЯРНІ ДІЕЛЕКТРИКИ В Е-ПОЛІ

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** ε :

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



Поведінка

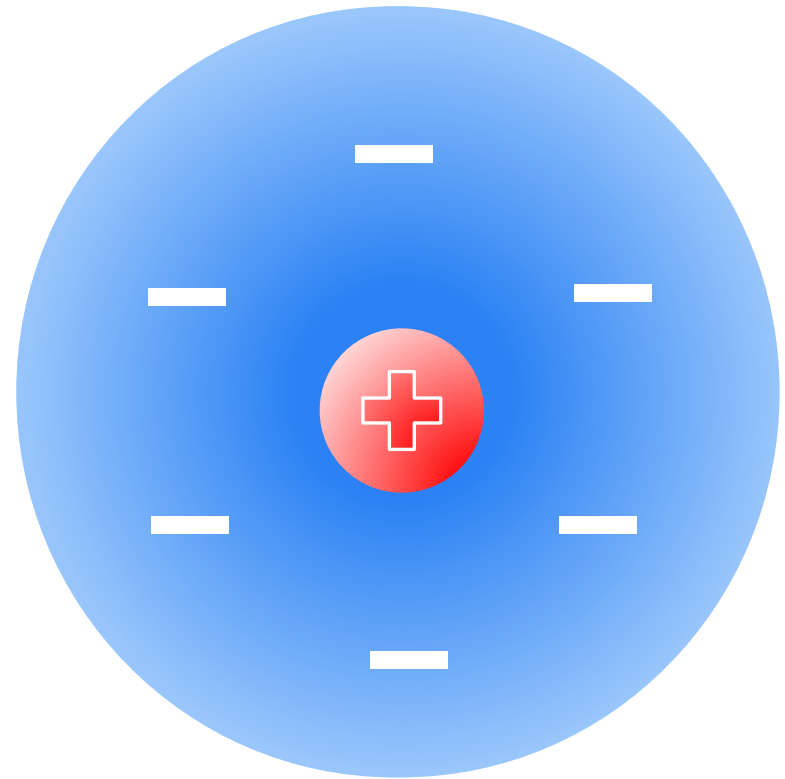
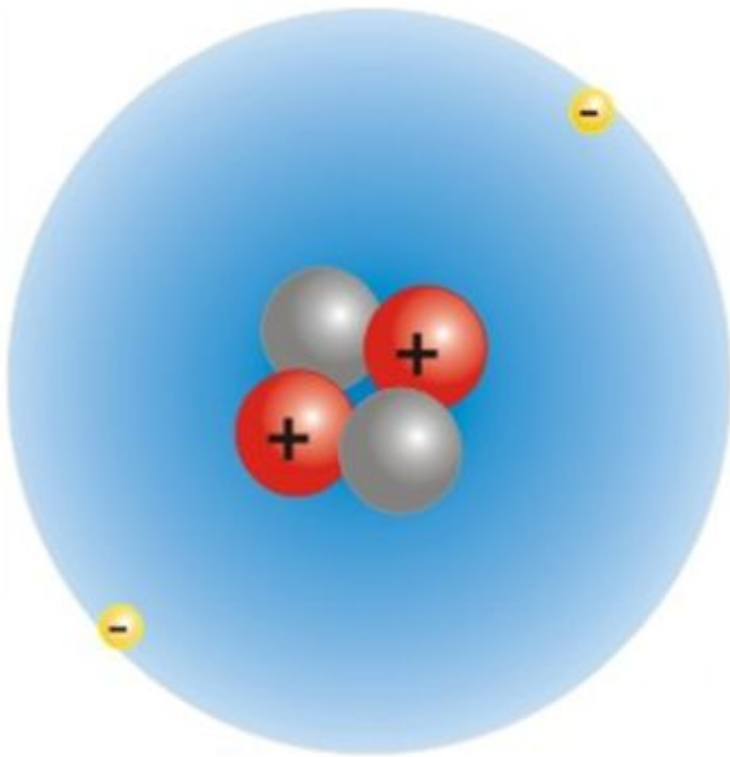
неполярних

діелектриків в

електричному полі

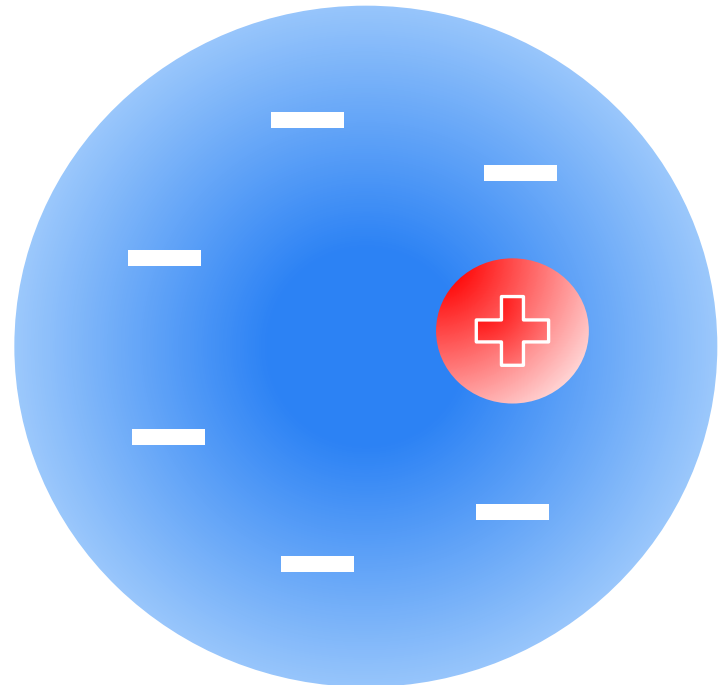
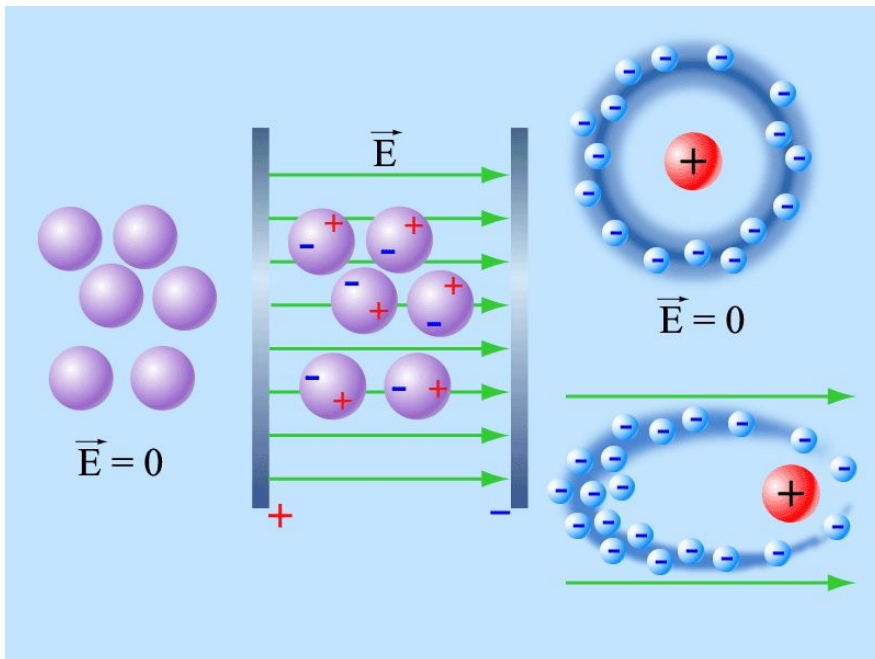
НЕПОЛЯРНІ ДІЕЛЕКТРИКИ

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

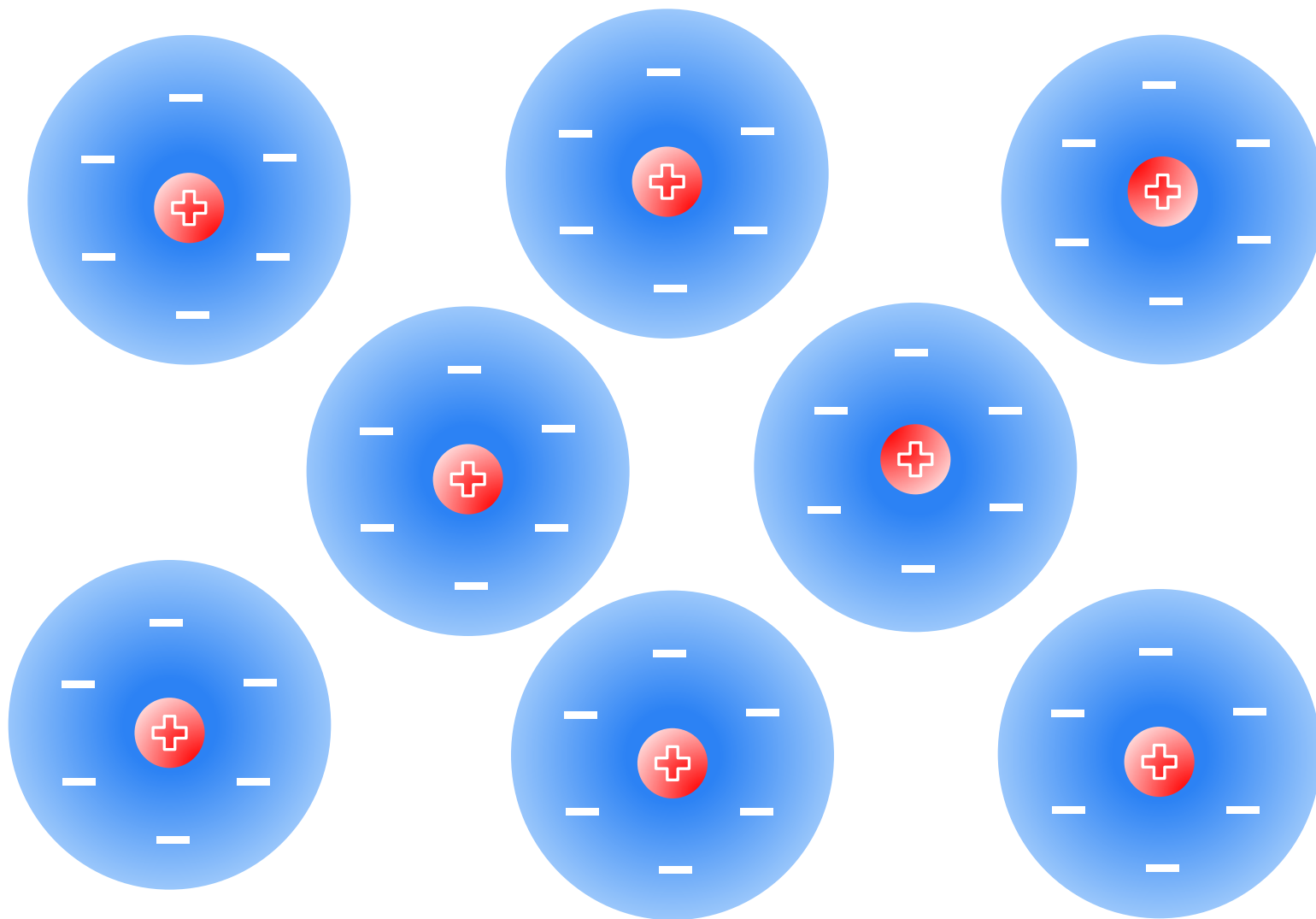


НЕПОЛЯРНІ ДІЕЛЕКТРИКИ В Е-ПОЛІ

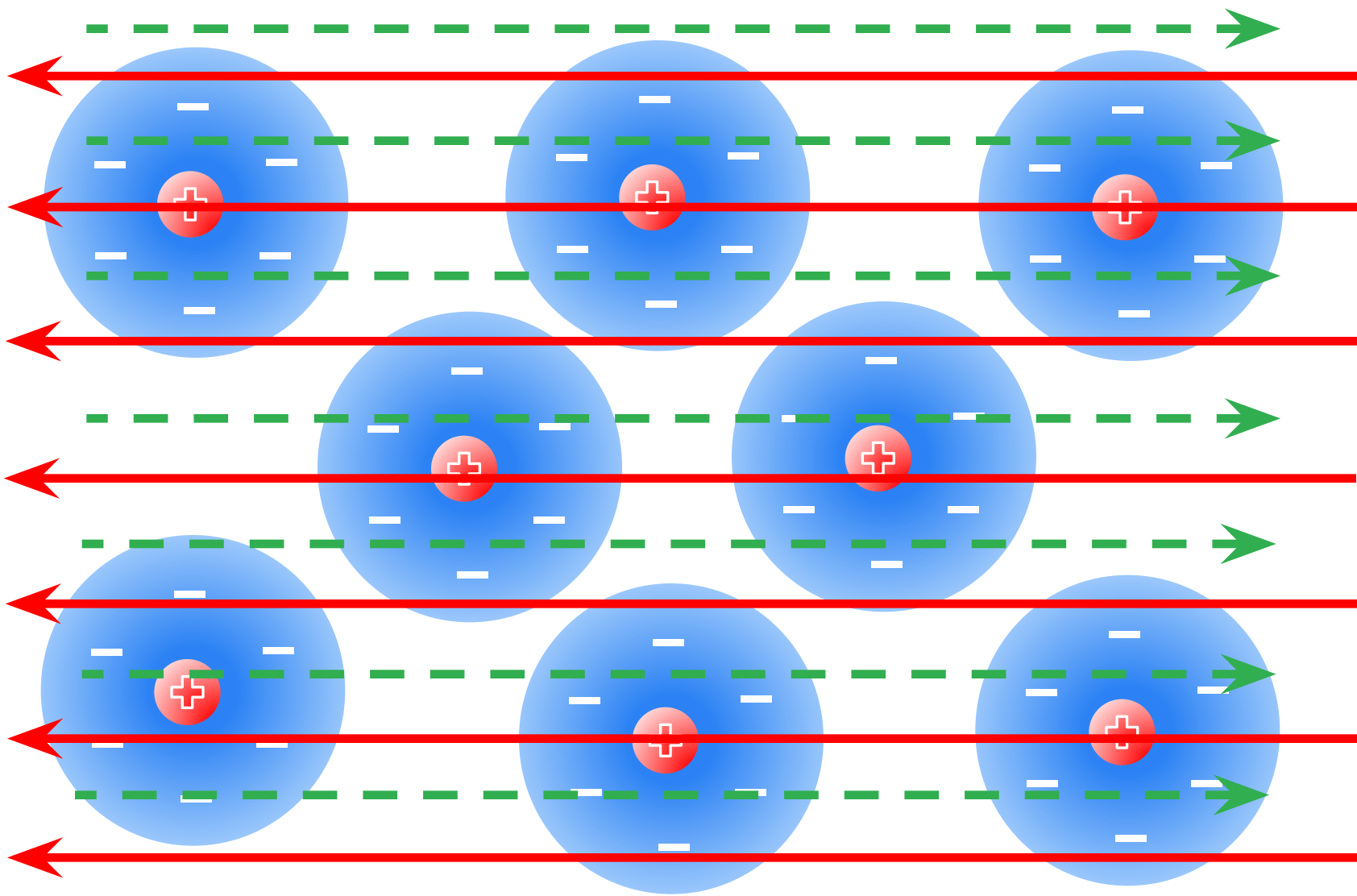
Якщо неполярний діелектрик помістити у **зовнішнє** електричне поле E_0 , то під його впливом відбудеться переорієнтація в просторі ядра та електронної оболонки, в результаті чого утвориться ДИПОЛЬ. Подальша поведінка аналогічна полярним діелектрикам. Електронна поляризація відбувається за час 10^{-15}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



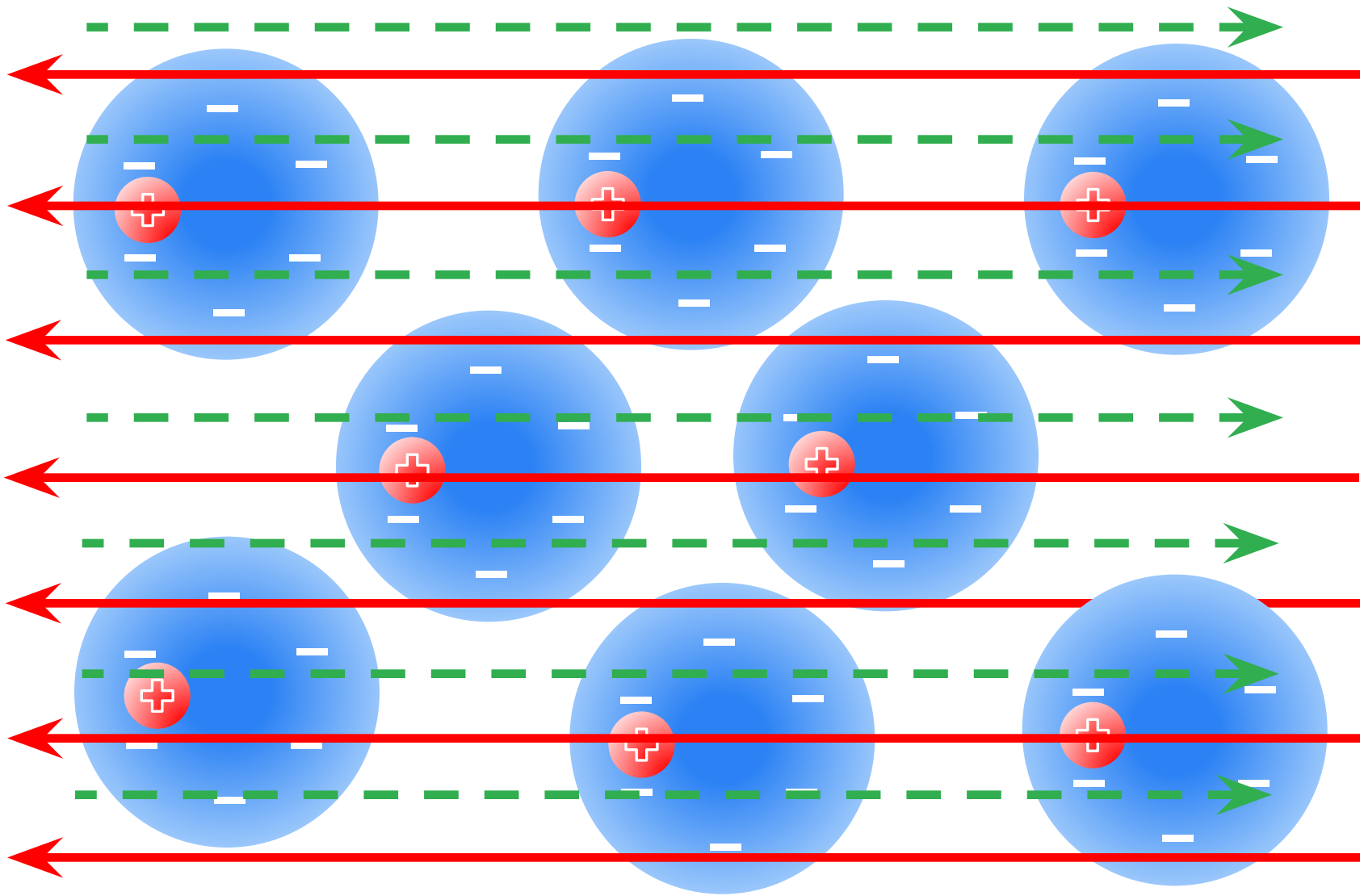
НЕПОЛЯРНИЙ ДІЕЛЕКТРИК В ЗВИЧАЙНОМУ СТАНІ



НЕПОЛЯРНИЙ ДІЕЛЕКТРИК В ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ

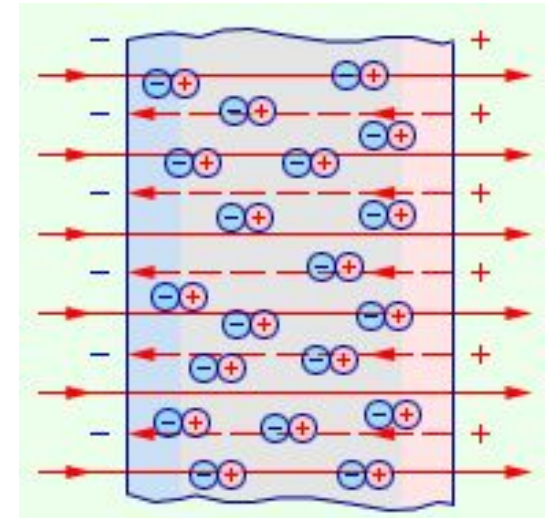


НЕПОЛЯРНИЙ ДІЕЛЕКТРИК В ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ



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 (ϵ)

Для вакууму $\epsilon = 1$

Тверді тіла	ϵ
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	ϵ
Бензин	1,9 – 2,0
Масло трансф.	2,2
Спирт	26
Гліцерин	43
Вода	81

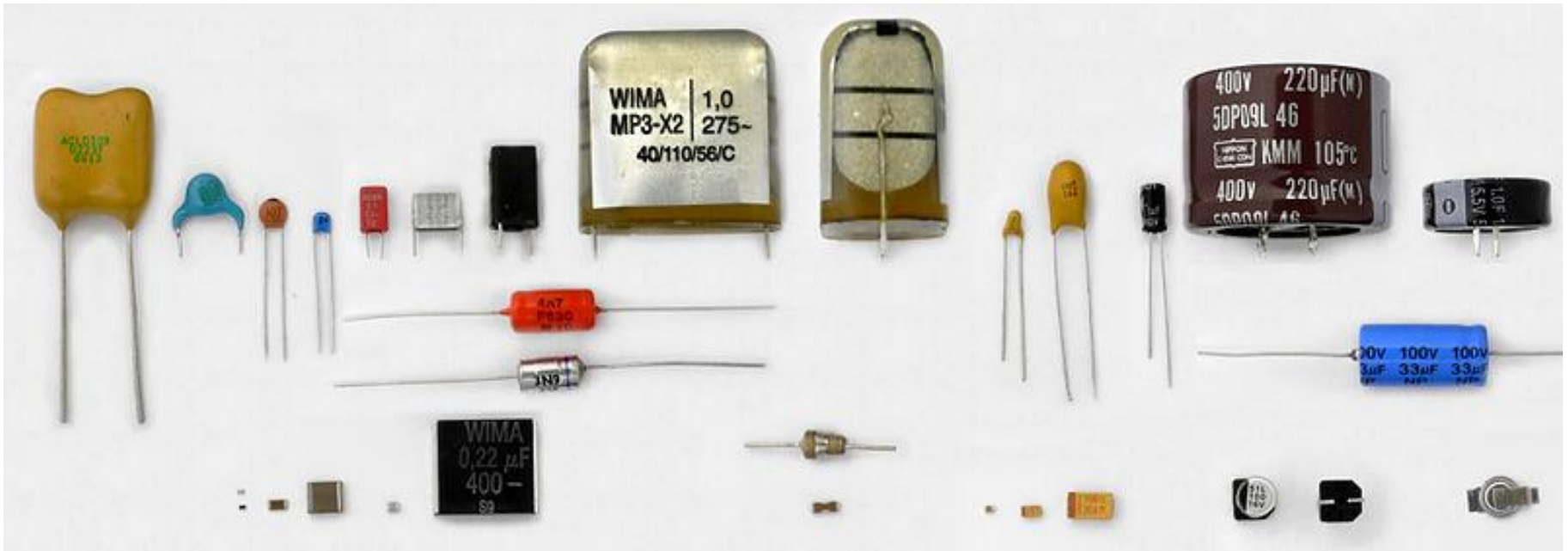
Гази	ϵ
Гелій	1,000068
Водень	1,000252
Азот	1,000528
Повітря	1,00057
Вугл. газ CO ₂	1,00099

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.

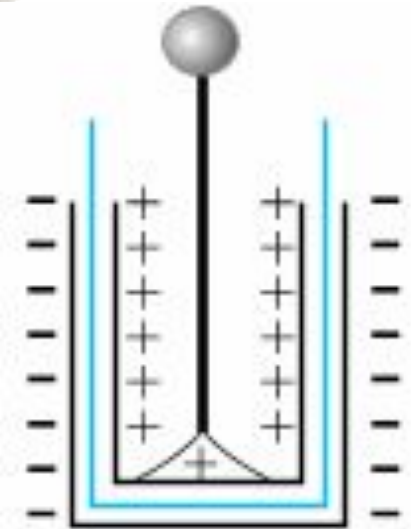


Condensio (лат.) – ущільнюю, згущую.

КОНДЕНСАТОР

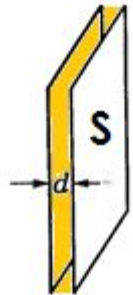
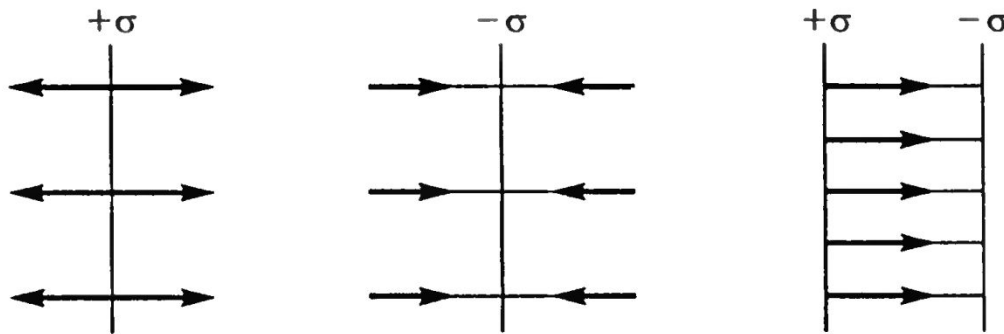
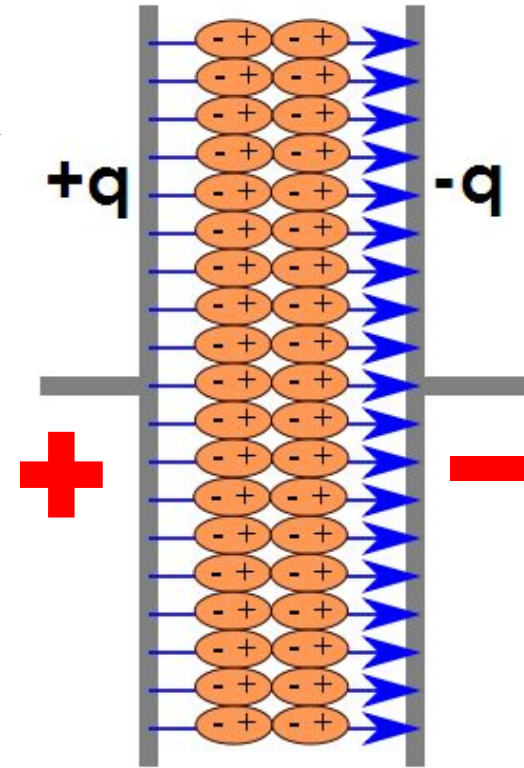
Перший конденсатор – «лейденську банку» - створили у 1745 році у німецькому місті Лейден фізик Едвальд Юрген фон Клейст та Пітер ван Мушенбрук. Це була закупорена та наповнена водою скляна банка, обклеєна всередині та зовні фольгою. Крізь кришку у банку був введений металевий стержень.

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

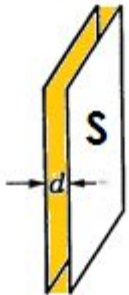
ЄМНІСТЬ КОНДЕНСАТОРА

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**]:

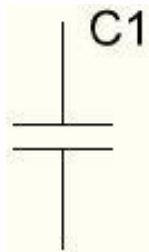
$$1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл} : 1 \text{ В}$$



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

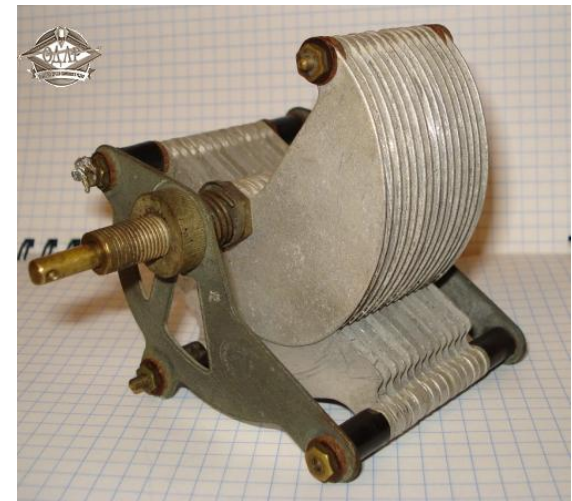
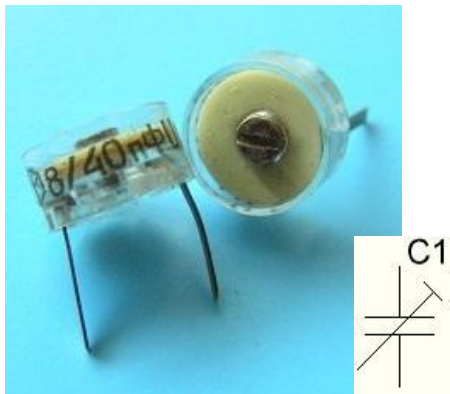
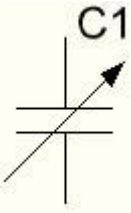
$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

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



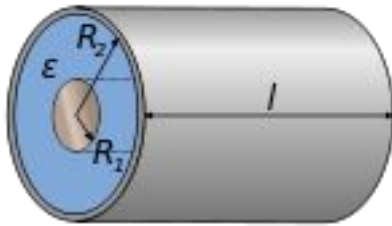
ЄМНІСТЬ КОНДЕНСАТОРА

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.



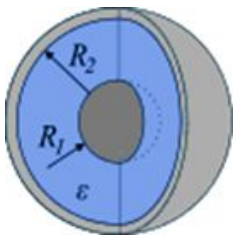
ФОРМИ КОНДЕНСАТОРІВ

Крім плоских, бувають конденсатори і іншої форми:



Циліндричні
конденсатори

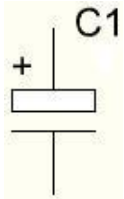
$$C = 2\pi\epsilon\epsilon_0 \frac{l}{\ln(R_2/R_1)}$$



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

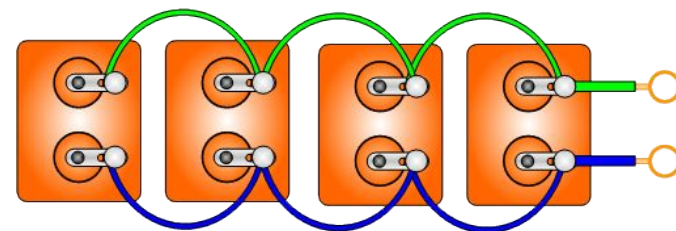
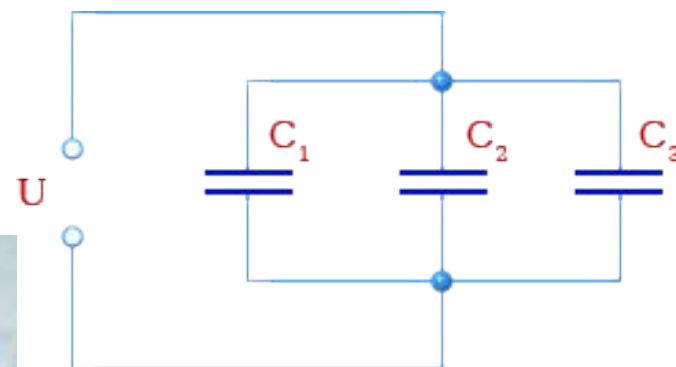
З'єднавши конденсатори **паралельно**, можна **збільшити ємність** отриманої системи. В цьому випадку напруги на конденсаторах однакові, а заряд системи рівний сумі окремих зарядів:

$$U_1 = U_2 = U_3$$

$$q = q_1 + q_2 + q_3$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

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



З'ЄДНАННЯ КОНДЕНСАТОРІВ

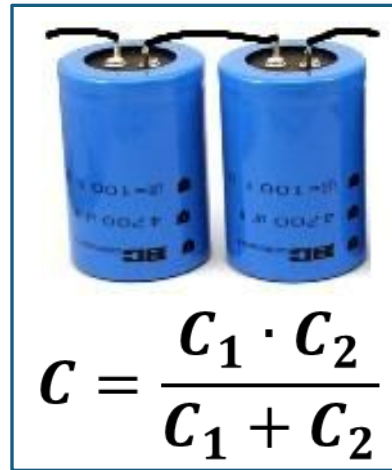
ПОСЛІДОВНЕ З'ЄДНАННЯ

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**:

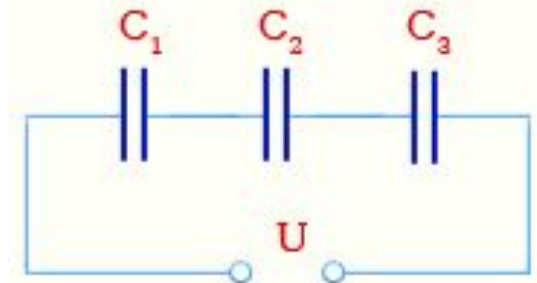
$$q_1 = q_2 = q_3$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

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



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



Для N однакових конденсаторів

$$C = C_1 : N$$

Схема подключения

Принципиальная схема

Сохранить вычисления на картинку

C1 (пФ): 100

C2 (пФ): 200

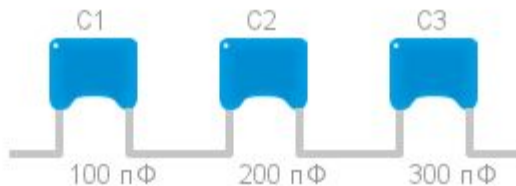
C3 (пФ): 300



Добавить

Расчет

Очистить



Результат: 54.55 пФ

Поделиться

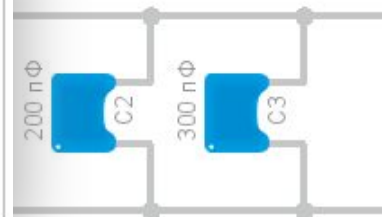
Адреси он-лайн калькуляторів для обчислення ємності системи конденсаторів:

Принципиальная схема

тинку

Расчет

Очистить



Результат: 600 пФ

Поделиться

http://cxem.net/calc/capacitor_series_calc.php

http://cxem.net/calc/capacitor_parallel_calc.php

Спасибі за увагу!