



ПОЛЯРИЗАЦИЯ НА ДИЕЛЕКТРИЦИ

Лектор: проф. д-р Т. Йовчева

Диелектрици

Диелектриците са вещества, които при прилагане на напрежение практически не провеждат електричен ток.

Диелектриците имат специфична проводимост приблизително 10^{20} пъти по-малка от тази на металите. Те нямат свободни носители на заряд (които да провеждат електричен ток), тъй като техните заряди са свързани в молекули или атоми.

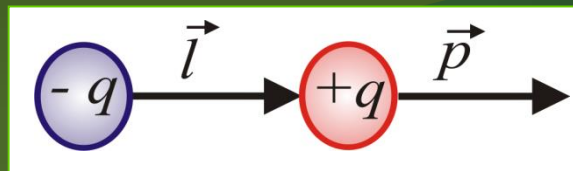
Диелектриците се делят на три вида:

- *неполярни диелектрици;*
- *полярни диелектрици;*
- *йонни кристали.*



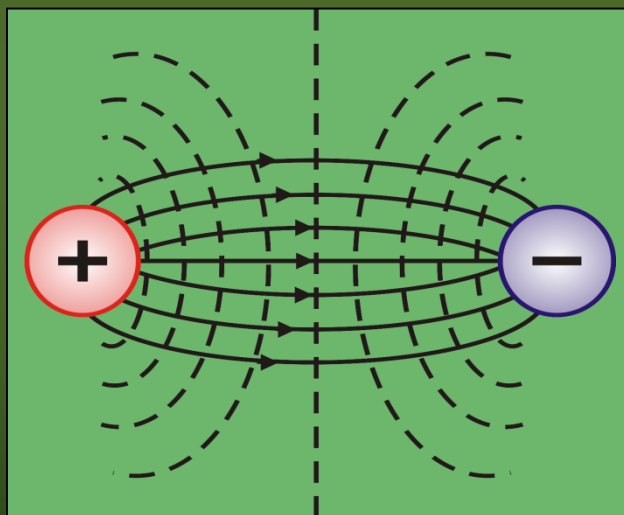
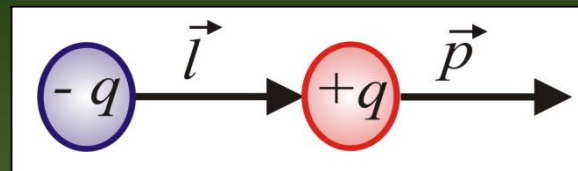
Електричен дипол

Електричният дипол е система от два равни по големина и противоположни по знак точкови заряди $+q$ и $-q$, разположени на достатъчно малко разстояние l един от друг.



- Характеристика на електричния дипол е векторната величина: $\vec{p} = q\vec{l}$ която се нарича *диполен момент* или *електричен момент на дипола*.
- Радиус-векторът \vec{l} , прекаран от отрицателния към положителния заряд и равен на разстоянието между тях, се нарича *рамо на дипола*.

Ако разстоянието l е пренебрежимо малка в сравнение с разстоянието от дипола до точката на наблюдение, диполът се нарича *точков дипол*.

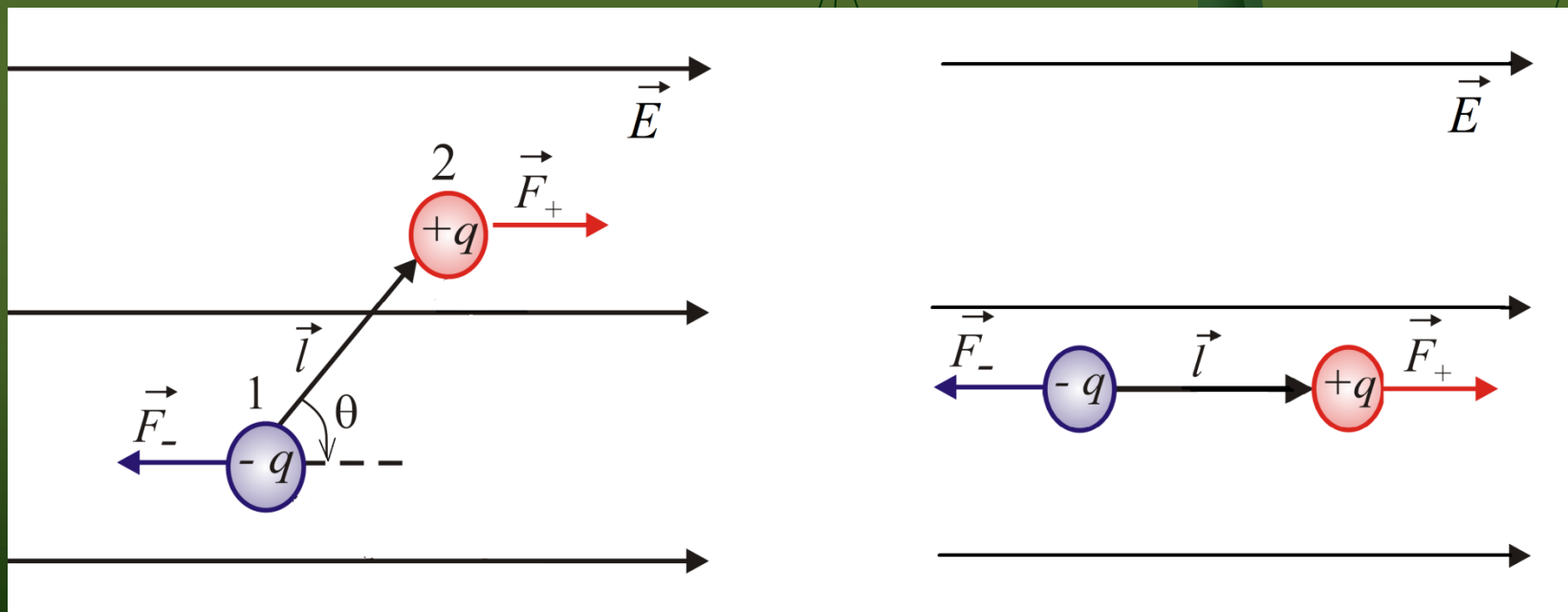


- Електричният дипол като цяло е електронеутрален, но създава електрично поле.
- На фигурата с непрекъснати линии са означени силовите линии, а с пунктирани линии - екипотенциалните повърхнини.

Ако електричният дипол се постави във външно еднородно електрично поле \vec{E} , то ще му действа с две равни по големина и противоположно насочени електрични сили \vec{F} .

Двете сили ще завъртят дипола докато се уравнишат и тогава диполът ще се ориентира по посока на полето.

Диполът ще се ориентира по посока на полето.



Неполярни диелектрици

Изградени са от молекули, които не притежават диполен момент, т.е. центровете на положителните и отрицателните заряди съвпадат.

Следователно

при отсъствие на външно електрично поле резултантният диполен момент на неполярния диелектрик е нула.

Пример:

Молекулите на водорода (H_2), азота (N_2), кислорода (O_2), тетрафлорметана (CCl_4), въглеродния диоксид (CO_2), метана (CH_4) и др.

Полярни диелектрици

Молекулите им могат да се моделират като електричен дипол, т.е. центровете на положителните и отрицателните заряди са отместени на постоянно разстояние.

- При отсъствие на външно електрично поле тези диполи са хаотично разположени, вследствие на взаимодействието между тях и топлинното им движение.
- Без външно електрично поле полярните диелектрици не притежават собствен диполен момент.

Пример:

Молекулите на водата (H_2O), метиловия алкохол (CH_3OH), етиловия алкохол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) и др.

Йонни кристали

Това са кристални структури, изградени от положителни и отрицателни йони, които образуват две подрешетки.

Без външно електрично поле йонните кристали не притежават собствен диполен момент.

Пример:

Кристалите на натриевия хлорид (NaCl), калиевия хлорид (KCl), калциевия дихлорид (CaCl_2) и др.

Поляризация на диелектрика

Явлението, при което под действие на външно електрично поле в диелектрика се появяват диполи, ориентирани предимно в една посока, се нарича поляризация на диелектрика.

Количествена характеристика е векторната величина *поляризация* – диполният момент на единица обем:

$$\vec{P} = \frac{1}{\Delta V} \sum_i \vec{p}_i$$

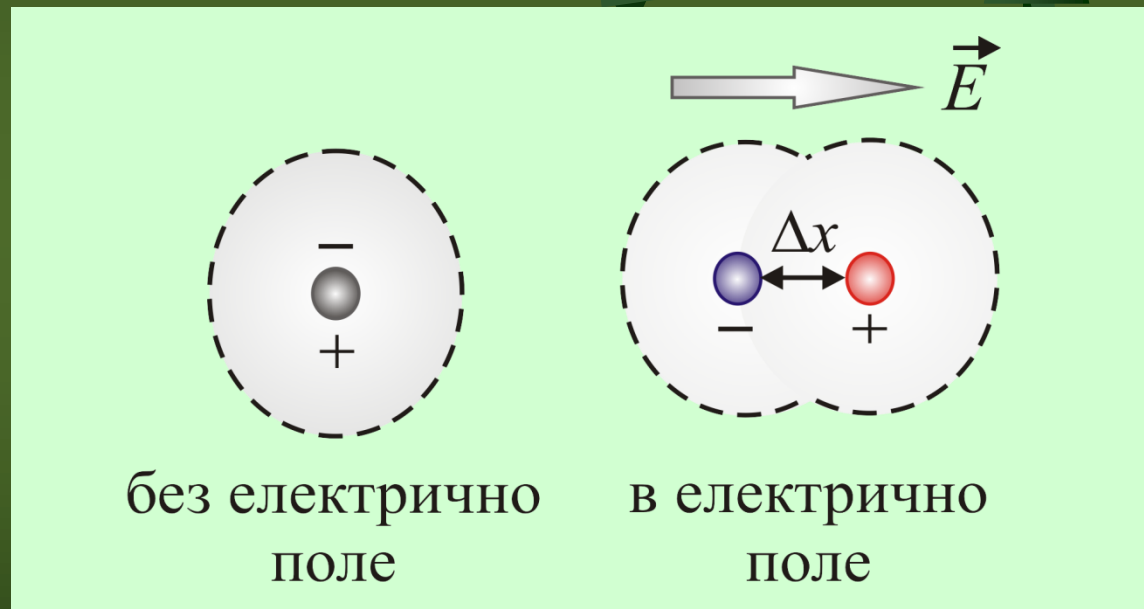
Сумирането се извършва за всички диполи в обема ΔV . P е векторът на поляризацията, p е диполният момент на i -тата молекула от обема ΔV .

$$\vec{P} = n_0 \vec{p}$$

n_0 е концентрацията на молекулите (брой молекули в 1 обем), p е диполният момент на една молекула, който е еднакъв за всички молекули в единица обем.

Индуцирана поляризация

Ако се постави неполярна молекула (атом) във външно електрично поле \vec{E} , нейният положителен ($+q$) и отрицателен ($-q$) заряд се отместват на разстояние Δx и се индуцира диполен момент $\vec{p} = q \cdot \Delta \vec{x}$.



- Зарядите $+q$ и $-q$ ще спрат движението си при отместване Δx .
- Електричната сила $\vec{F} = q\vec{E}$ ще се уравни от пораждащата се сила на еластична деформация $\vec{F}' = k\Delta\vec{x}$.
- Ще се индуцира диполен момент.

Математически това се записва така:

$$\vec{F} = \vec{F}' \Rightarrow q\vec{E} = k\Delta\vec{x} \rightarrow \Delta\vec{x} = \frac{q\vec{E}}{k}$$

$$\vec{p} = q\Delta\vec{x} \Rightarrow \vec{p} = \frac{q^2}{k} \vec{E}$$

Нека α е поляризуемостта на молекулата (атома).

Индуцираният диполен момент е:

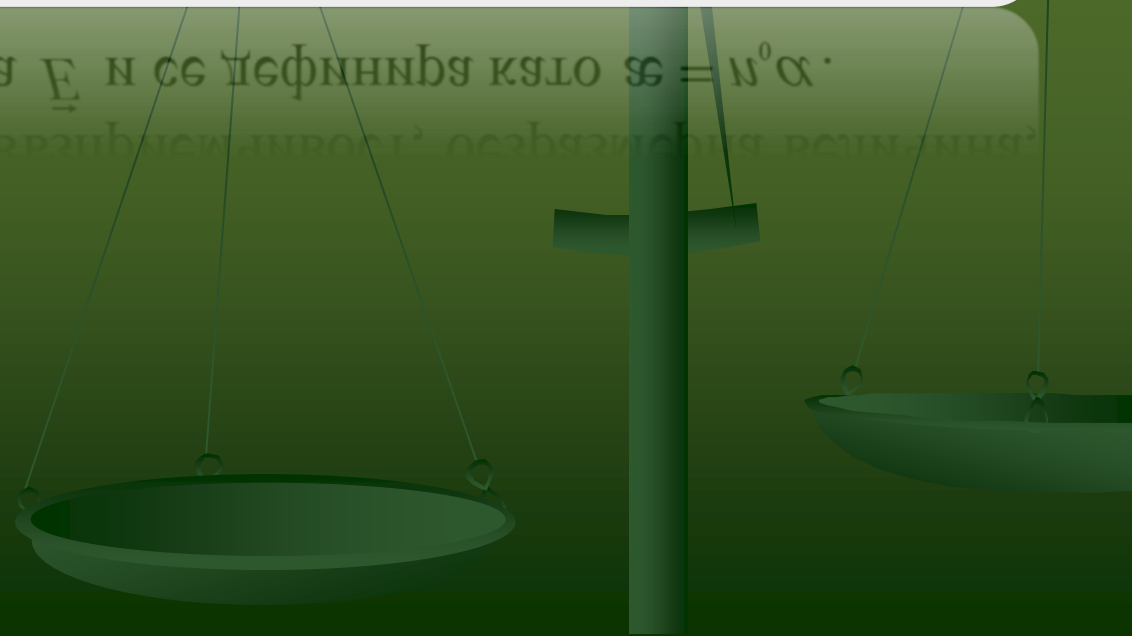
$$\vec{p} = \epsilon_0 \alpha \vec{E}$$

Електричното поле има двойна роля — отмества центровете на положителните и отрицателните заряди в атома или молекулата и ориентира създадения дипол.

Ако n_0 е броят на молекулите в единица обем, т.е. концентрацията на молекулите, то поляризацията на неполярния диелектрик е:

$$\vec{P} = n_0 \vec{p} = n_0 \varepsilon_0 \alpha \vec{E} = \varepsilon_0 \varkappa \vec{E},$$

където \varkappa е диелектрична възприемчивост; безразмерна величина, независеща от интензитета \vec{E} и се дефинира като $\varkappa = n_0 \alpha$.



Ориентационна поляризация

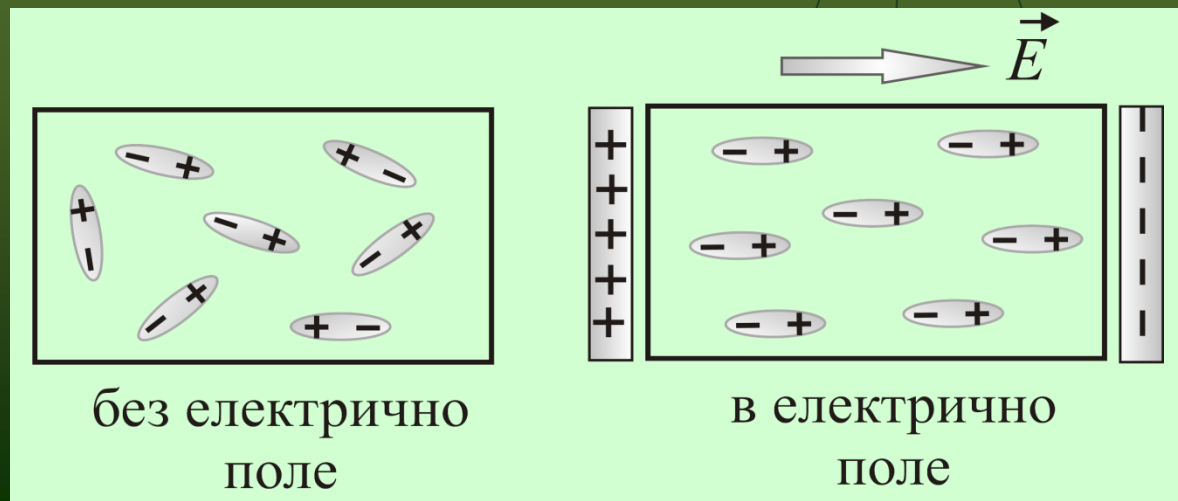
Ако полярен диелектрик се постави във външно електрично поле \vec{E} , диполните моменти на молекулите \vec{p} ще се ориентират по посока на интензитета му, а топлинното им взаимодействие ще има дезориентиращ ефект.

Ще се получи частична ориентация на диполите \vec{p} и поляризацията на полярния диелектрик ще е:

$$\vec{P} = \epsilon_0 \chi \vec{E}$$

Диелектричната възприемчивост е обратно пропорционална на температурата:

$$\chi = \frac{n_0 p^2}{3\epsilon_0 kT}$$

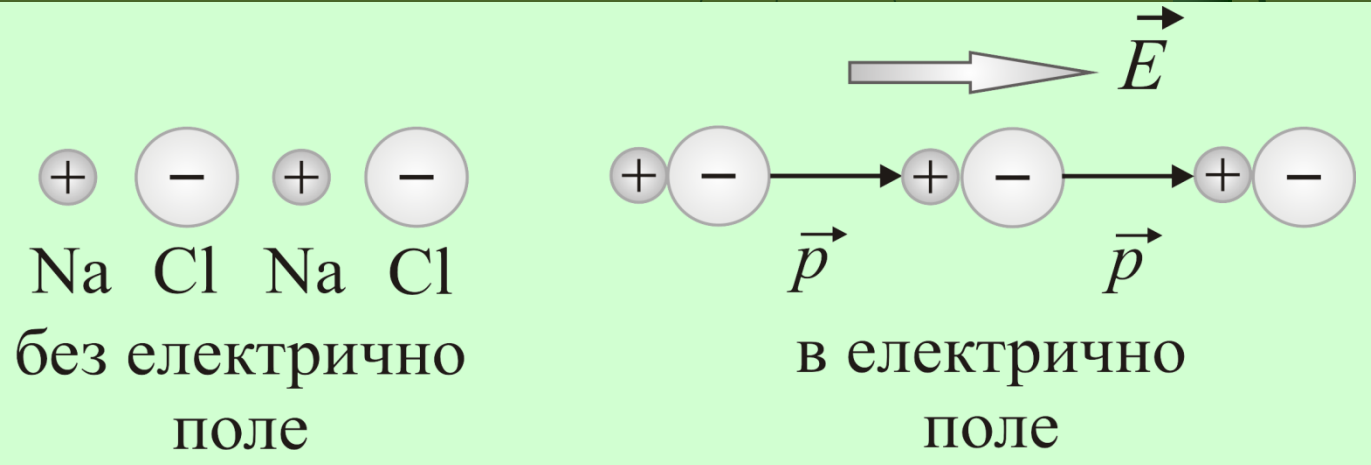


Йонна поляризация

Наблюдава се в диелектрици с кристална структура (NaCl), изградени от две подрешетки на положителните и отрицателните йони, които във външно електрично поле \vec{E} се отместват една спрямо друга.

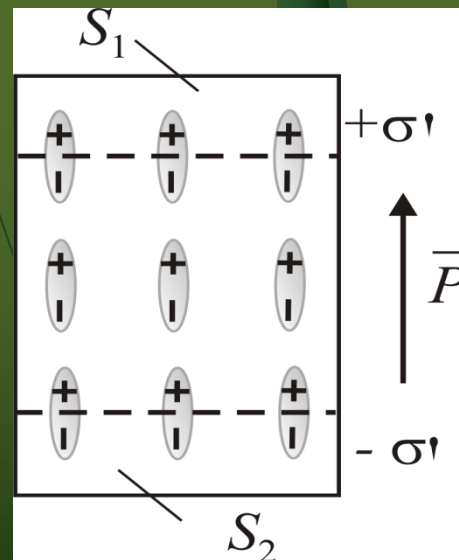
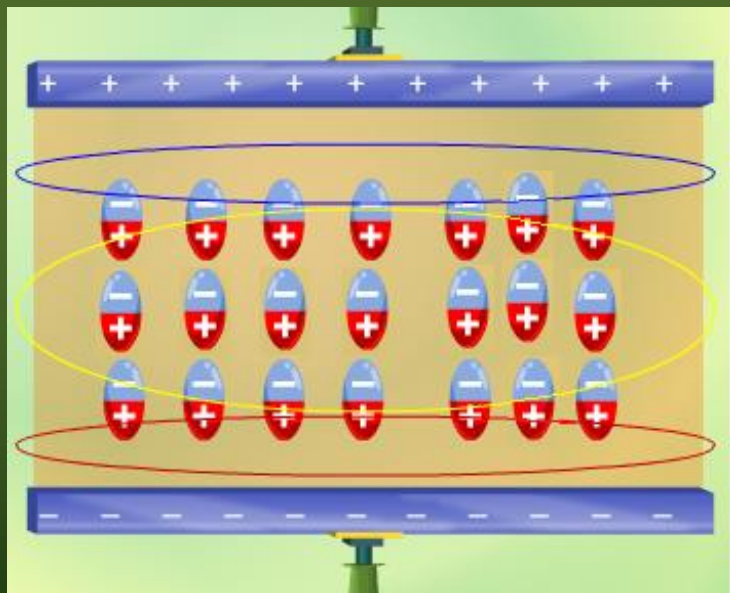
Тогава всяка молекула на кристала получава диполен момент \vec{p} , а векторът на поляризация е:

$$\vec{P} = \epsilon_0 \alpha \vec{E}$$



Свързан заряд

Електрични заряди, които се появяват при поляризацията на диелектриците се наричат *свързани заряди*, т.к. те са част от заряда на поляризираните молекули на диелектрика.

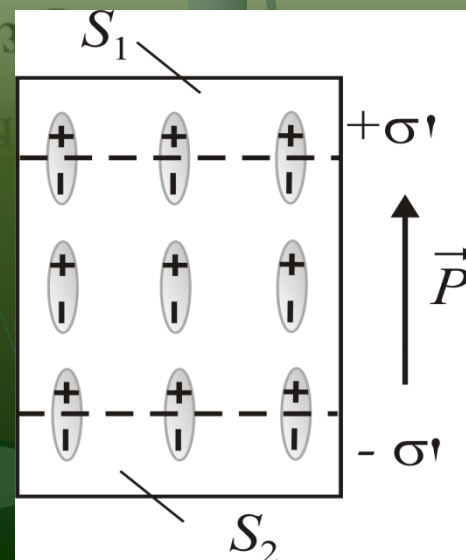
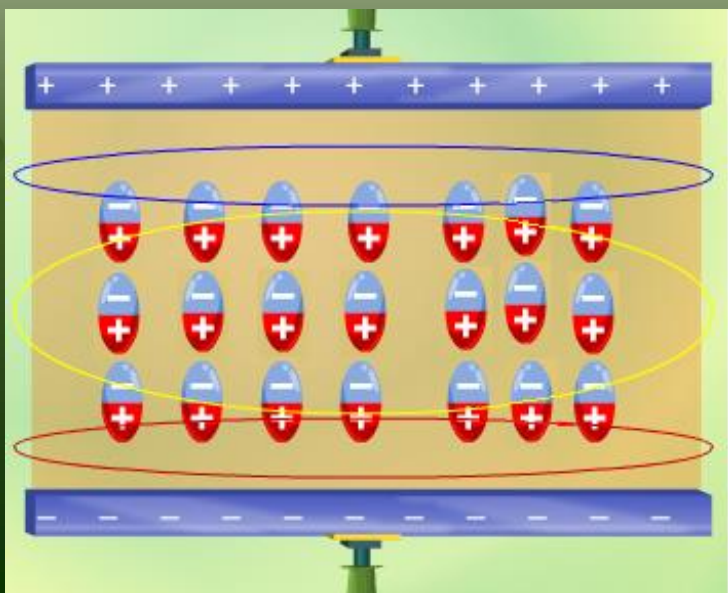


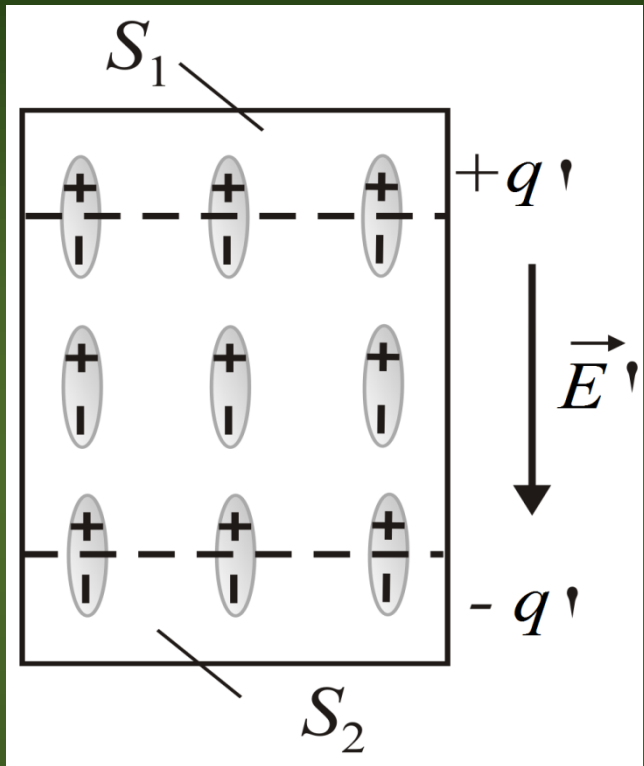
Свързан заряд

Поляризиран диелектрик. Вследствие на поляризацията \vec{P} върху повърхностите S_1 и S_2 на двете срещуположни страни на диелектрика се натрупват електрични заряди $-q'$ и $+q'$ с повърхностна плътност на заряда съответно $-\sigma'$ и $+\sigma'$.

Тези заряди са свързани с молекулите, на които принадлежат и са разпределени по повърхностите S_1 и S_2 , без да могат да променят положението си по S_1 и S_2 .

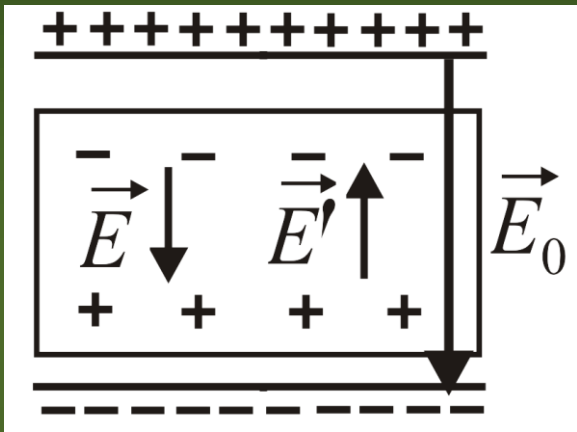
Затова зарядът q' се нарича **свързан заряд**.





- Вътре в обема на диелектрика положителните и отрицателните заряди взаимно се компенсират и затова обемната плътност на заряда е равна на нула.
- Поляризацията на диелектрика води до появяването на свързан повърхностен заряд, който създава собствено електрично поле \vec{E}' , такова каквото създават и свободните електрични заряди.

- ■ Външното електрично поле \vec{E}_0 , създадено между плочите, ще поляризира диелектрика и се нарича поляризиращо поле.



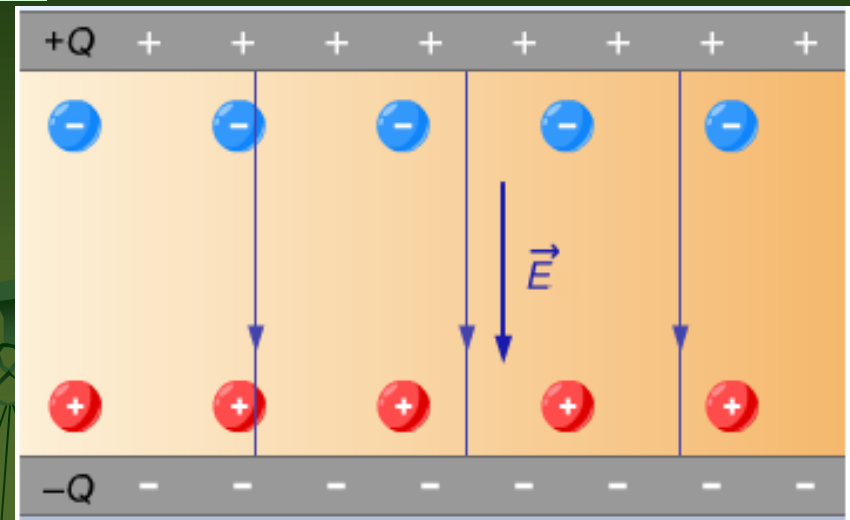
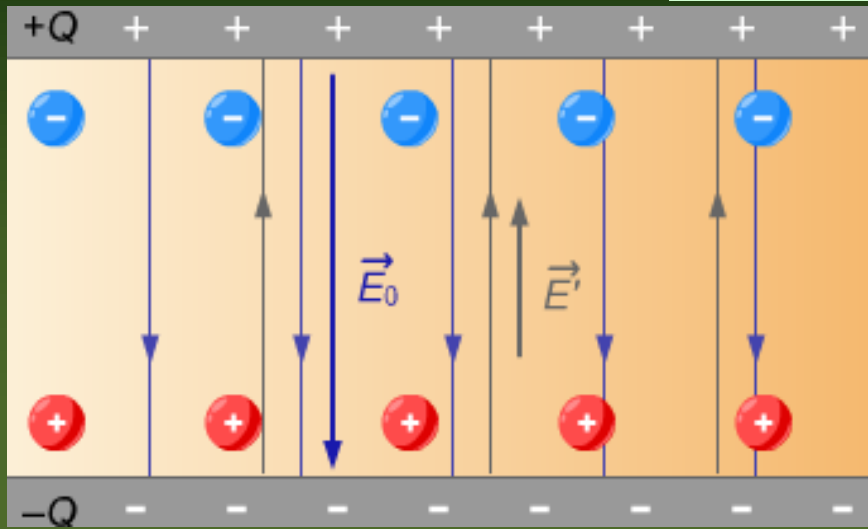
- Собственото електрично поле \vec{E}' , създадено от свързаните заряди на поляризирания диелектрик е деполяризиращо поле, тъй като е обратно насочено на външното поле \vec{E}_0 .

- Интензитетът на пълното електрично поле в диелектрика съгласно принципа на суперпозицията е векторна сума от интензитетите на двете полета:

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}'$$

Големината на интензитета на пълното електрично поле е:

$$E = E_0 - E'$$



Поле в диелектрика E отслабва ($E < E_0$), защото поле на индуцираните заряди E' частично компенсират външното поле \vec{E}_0 .

Отношението, което показва колко пъти интензитетът на електричното поле намалява, когато в него се постави диелектрик се нарича **диелектрична проницаемост на средата**: $\varepsilon = E_0 / E$