

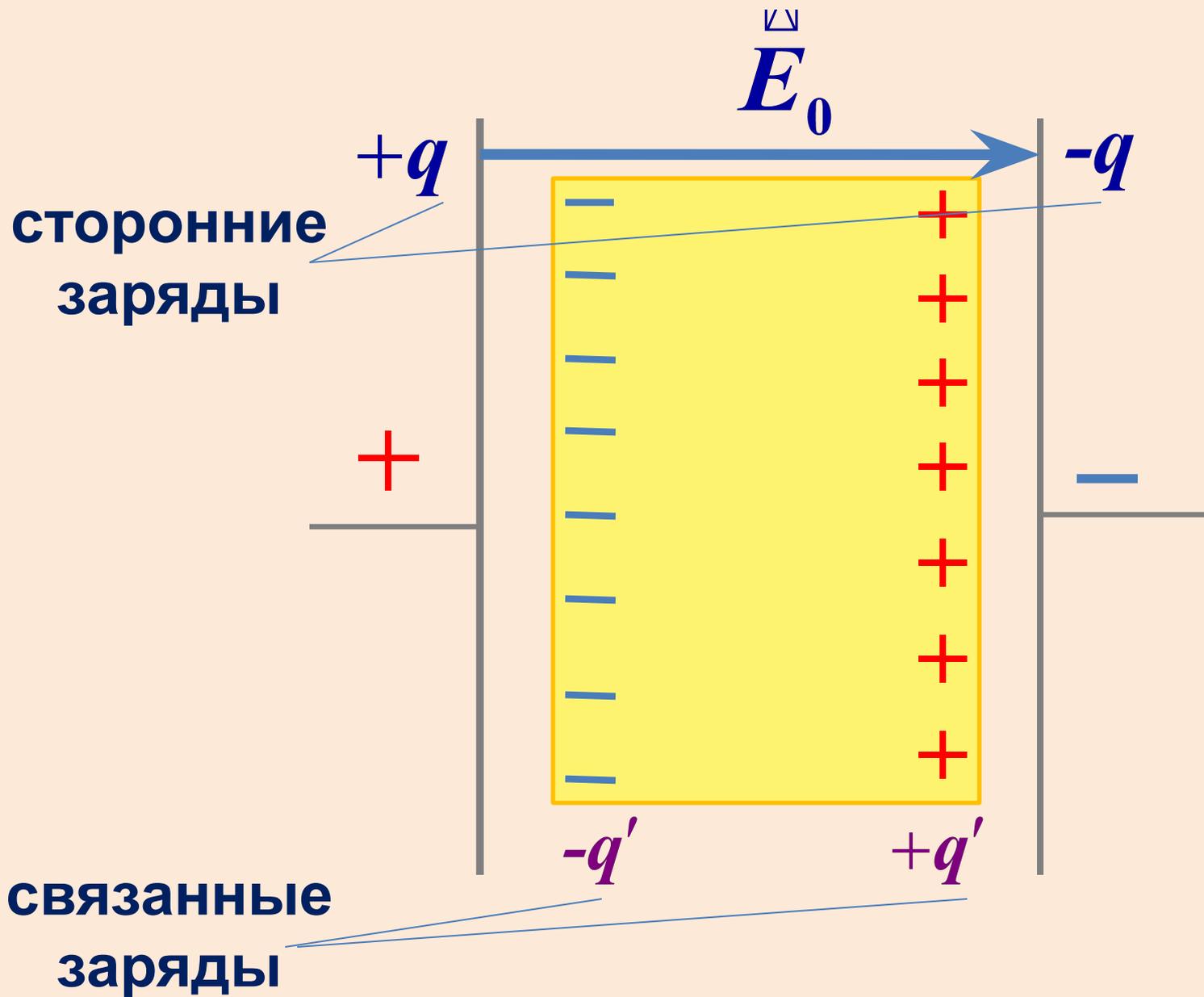
ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

В диэлектриках нет свободных носителей заряда. Заряды, которые входят в состав молекул диэлектрика, могут перемещаться только на микроскопические

Назовем такие заряды
связанными. А
заряды, которые не
входят в состав
молекул диэлектрика,
будем называть
сторонними.

Когда диэлектрик помещают в поле, на его поверхности выступают связанные заряды.

Это явление называют поляризацией диэлектрика.



\vec{E}_0 – напряженность поля сторонних зарядов

**Диэлектрик делается
похож на большой
диполь.**

**У него есть дипольный
момент.**

**Есть случаи, когда
связанный заряд не
только находится на
поверхности, но и
распределен в объеме
диэлектрика (например,
если поле или диэлектрик
неоднородны).**

Как поляризуется диэлектрик?

Есть три основных
механизма поляризации:

- электронный;
- дипольный;
- ионный.

Электронная поляризация

Имеет место в диэлектриках с неполярными молекулами.

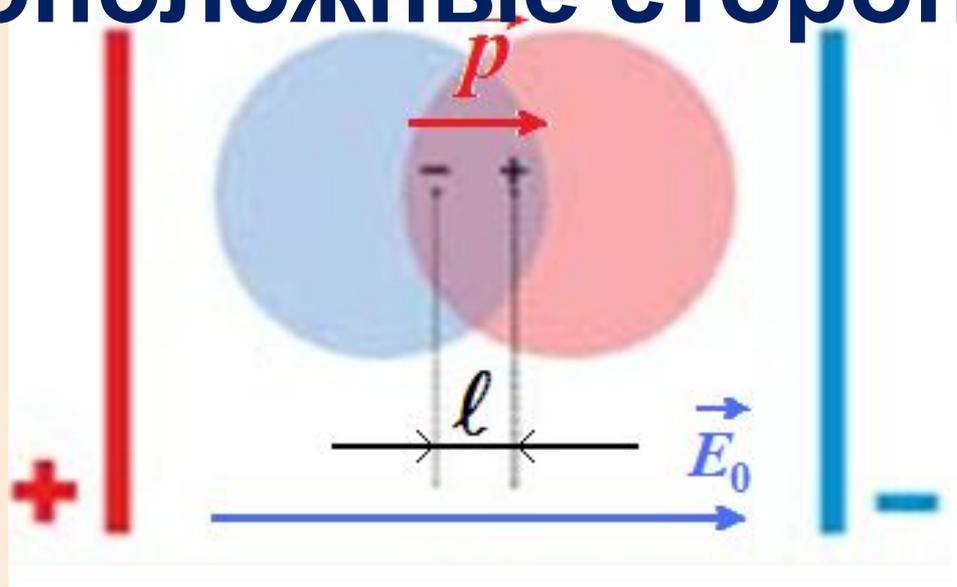
Это молекулы с симметричным строением.



- молекула
водорода

Центры тяжести
положительного и
отрицательного заряда

**В поле связанные заряды
молекулы смещаются в
противоположные стороны.**

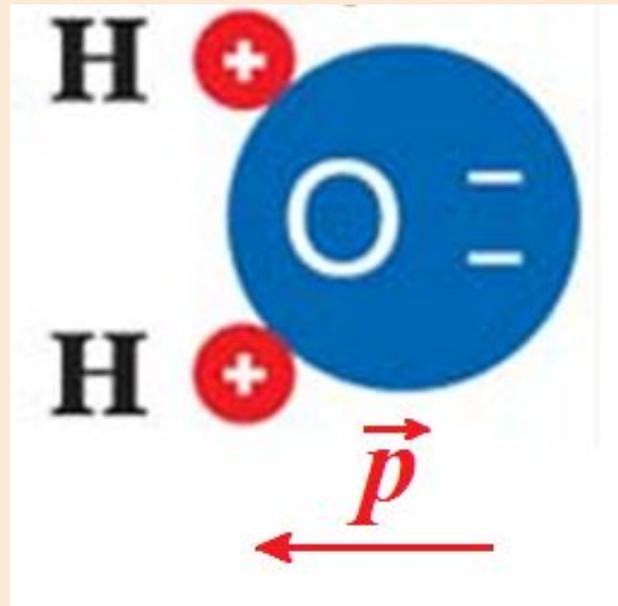


**Молекула
приобретает
дипольный момент.**

Дипольная поляризация

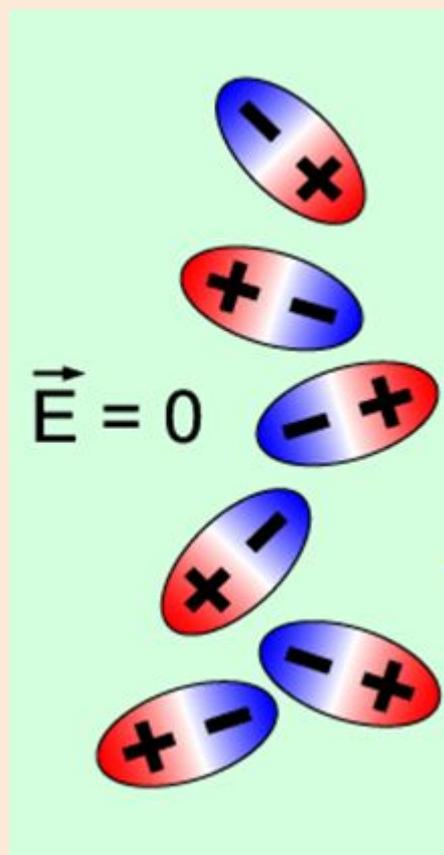
Имеет место в диэлектриках с полярными молекулами.

Такая молекула сразу представляет из себя диполь.

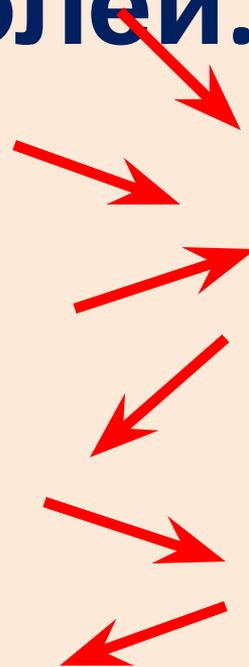


-
молекула
ВОДЫ

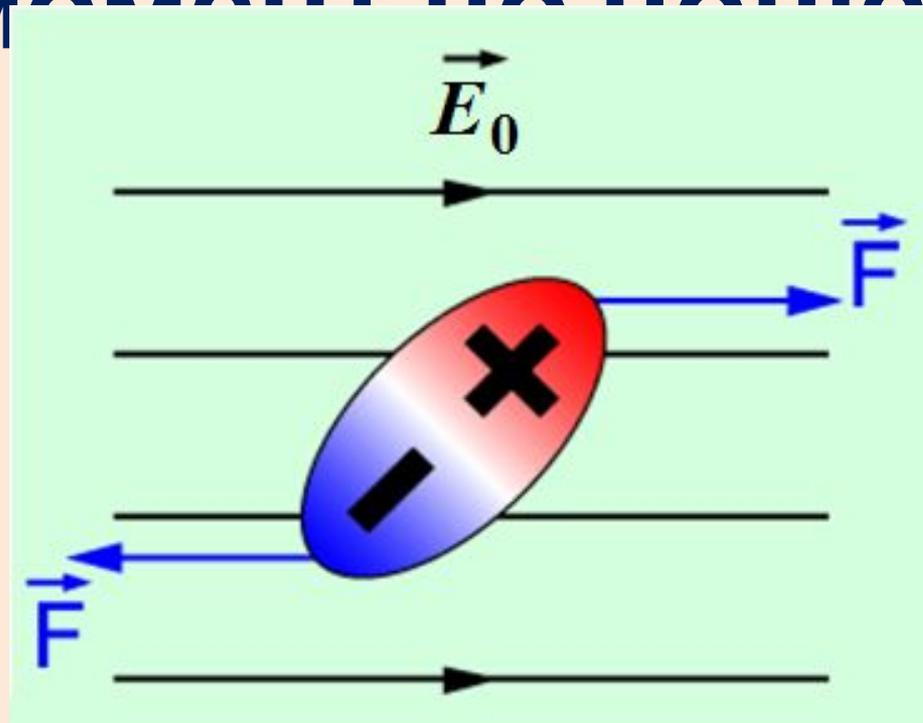
Пока нет поля, тепловое движение приводит к хаотической ориентации

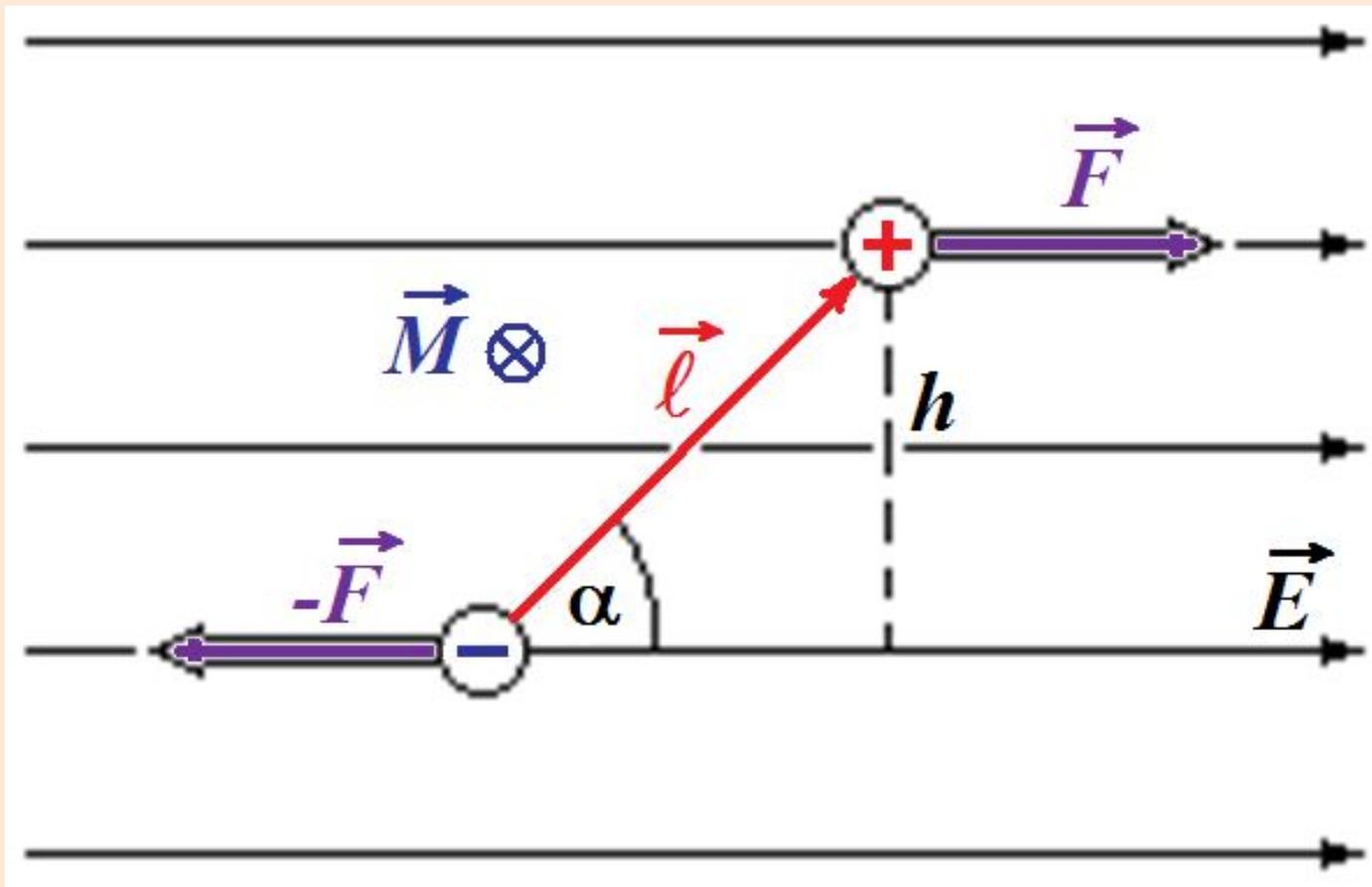


молекул.



В поле на диполь действует пара сил, которая ориентирует его дипольный момент по полю.





$$M = Fh$$

$$F = qE$$

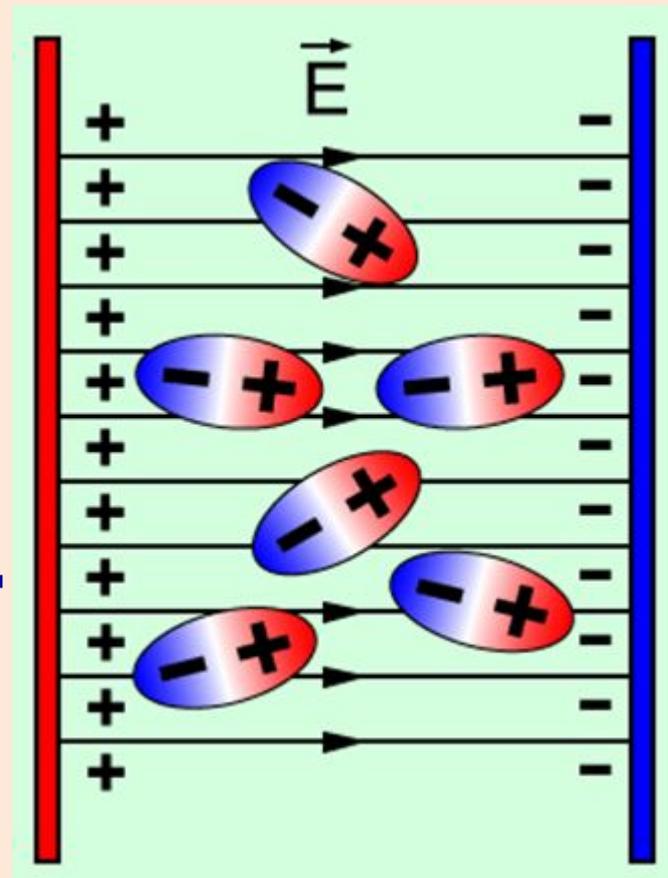
$$h = \ell \sin \alpha$$

$$M = q\ell E \sin \alpha$$

$$M = pE \sin \alpha$$

$$\vec{M} = \left[\vec{p}, \vec{E} \right]$$

**Момент пары
стремится
повернуть диполь
так, чтобы его
дипольный момент
установился по
направлению поля.**

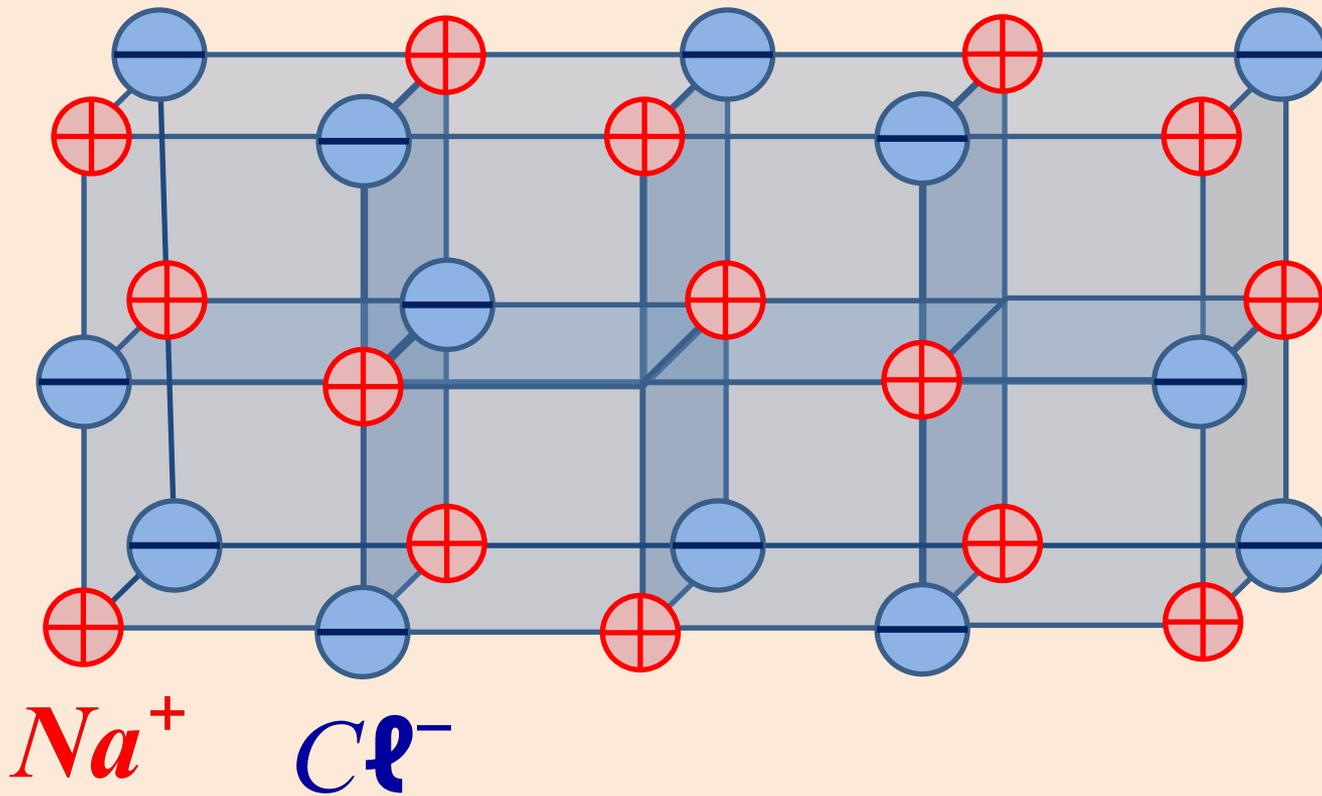


Ионная

поляризация

Происходит в ионных кристаллах, например, $NaCl$.

Кристаллическая решетка таких кристаллов образована чередующимися положительными и отрицательными ионами. Получается как бы две подрешетки



**Поле сдвигает подрешетки в
противоположных
направлениях, и кристалл**

Вектор

поляризации

Характеризует степень

поляризации диэлектрика.

Равен дипольному моменту

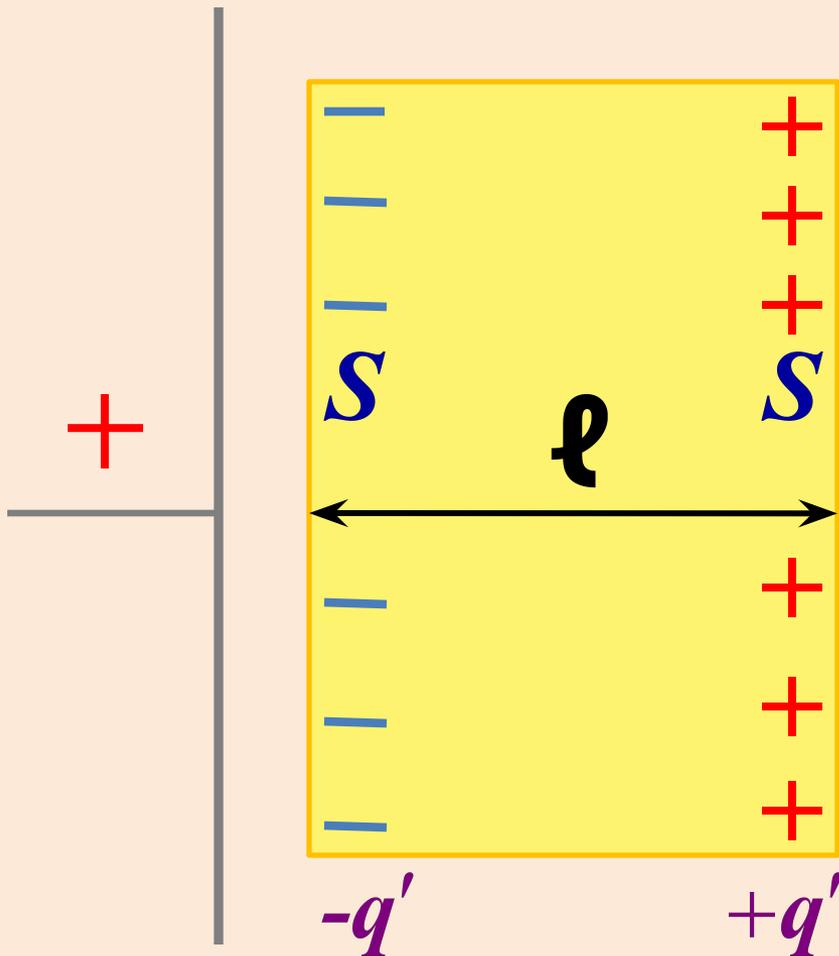
единицы объема

диэлектрика.

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

$$[P] = \frac{\text{Кл} \cdot \text{м}}{\text{м}^3} = \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$$

**Как у поверхностной
плотности зарядов.**



Дипольный момент
“большого” диполя

равен

$$q' \ell = \sigma' S \ell = \sigma' V$$

σ' - поверхностная плотность связанных зарядов

Тогда

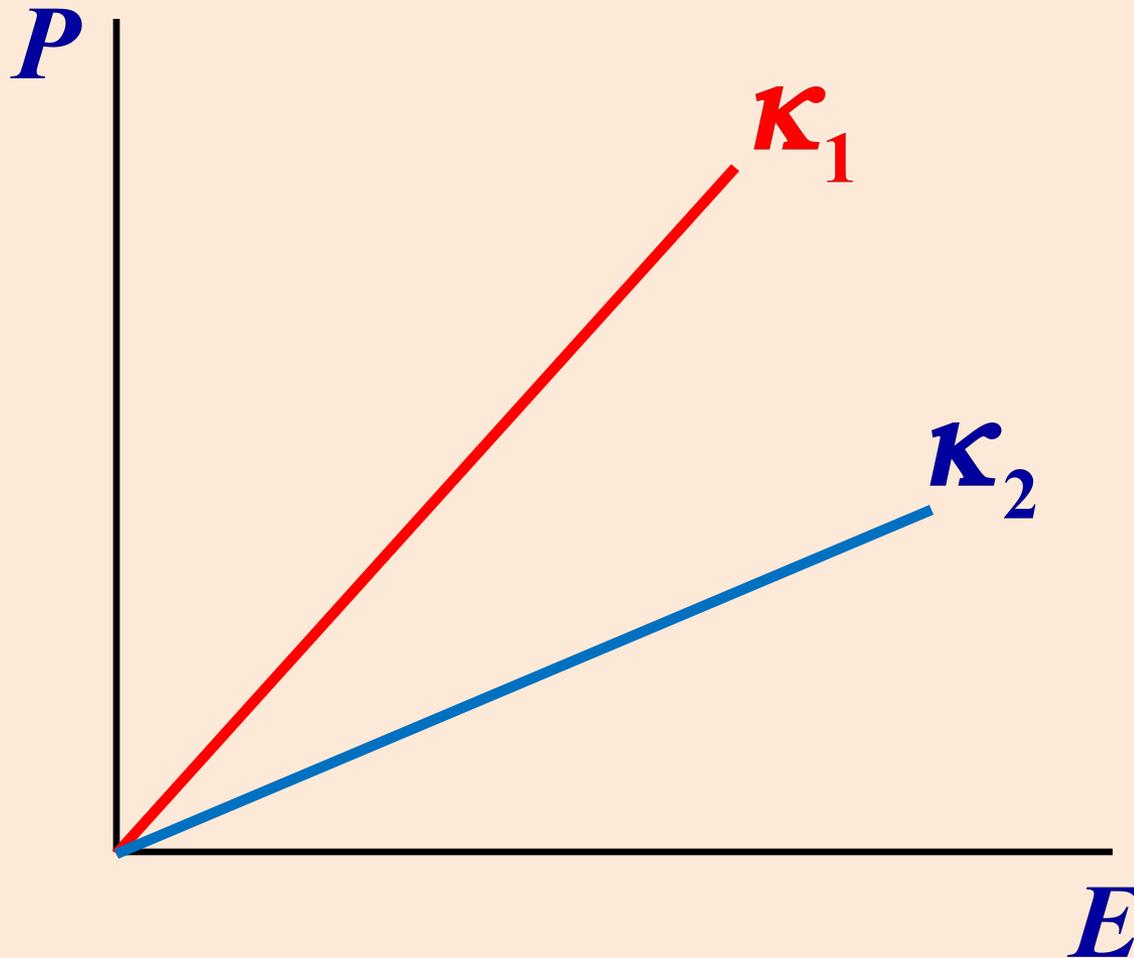
$$P = \frac{q' \ell}{V} = \sigma'$$

По модулю вектор поляризации равен плотности связанных зарядов на поверхности диэлектрика

По величине вектор
поляризации линейно зависит
от напряженности поля в
диэлектрике:

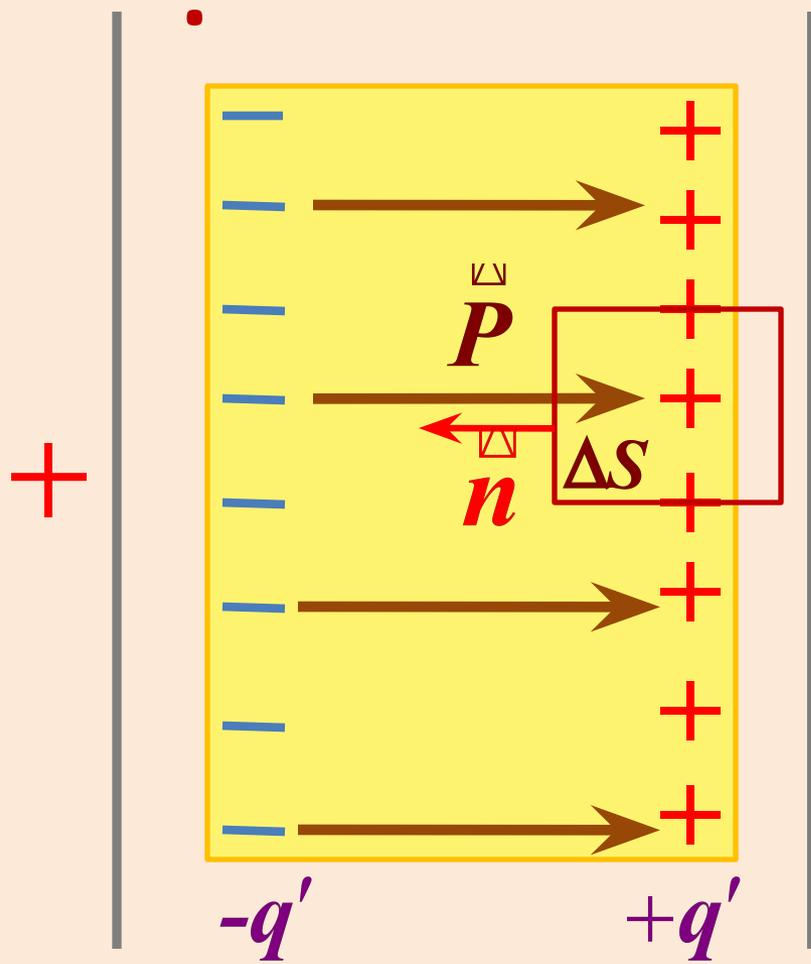
$$P = \varepsilon_0 K E$$

K - диэлектрическая
восприимчивость



Восприимчивость показывает, как сильно диэлектрик поляризуется в электрическом поле.

Теорема Гаусса для вектора \vec{P}



Линии вектора \vec{P} идут внутри диэлектрика. Они начинаются на отрицательных связанных зарядах и заканчиваются на положительных.

Возьмем замкнутую поверхность в виде цилиндрика и утопим в диэлектрик.

$$P = \sigma'$$

$$P \cdot \Delta S = \sigma' \cdot \Delta S$$

$$P \cdot \Delta S = \sigma' \cdot \Delta S$$



модуль потока



заряд внутри
цилиндрика

**Поток Φ_P отрицателен,
т.к. линии входят
внутрь поверхности.**

Теорема Гаусса: поток вектора поляризации сквозь замкнутую поверхность равен связанному заряду внутри этой поверхности, взятому с обратным знаком.

$$\oint_S \vec{P} \cdot d\vec{S} = -q'$$

Чтобы получить эту теорему в локальной форме, надо поделить на объем и взять предел, устремив объем к нулю.

$$\lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\oint_S \vec{P} \cdot d\vec{S}}{\Delta V} = - \frac{dq'}{dV}$$



дивергенция

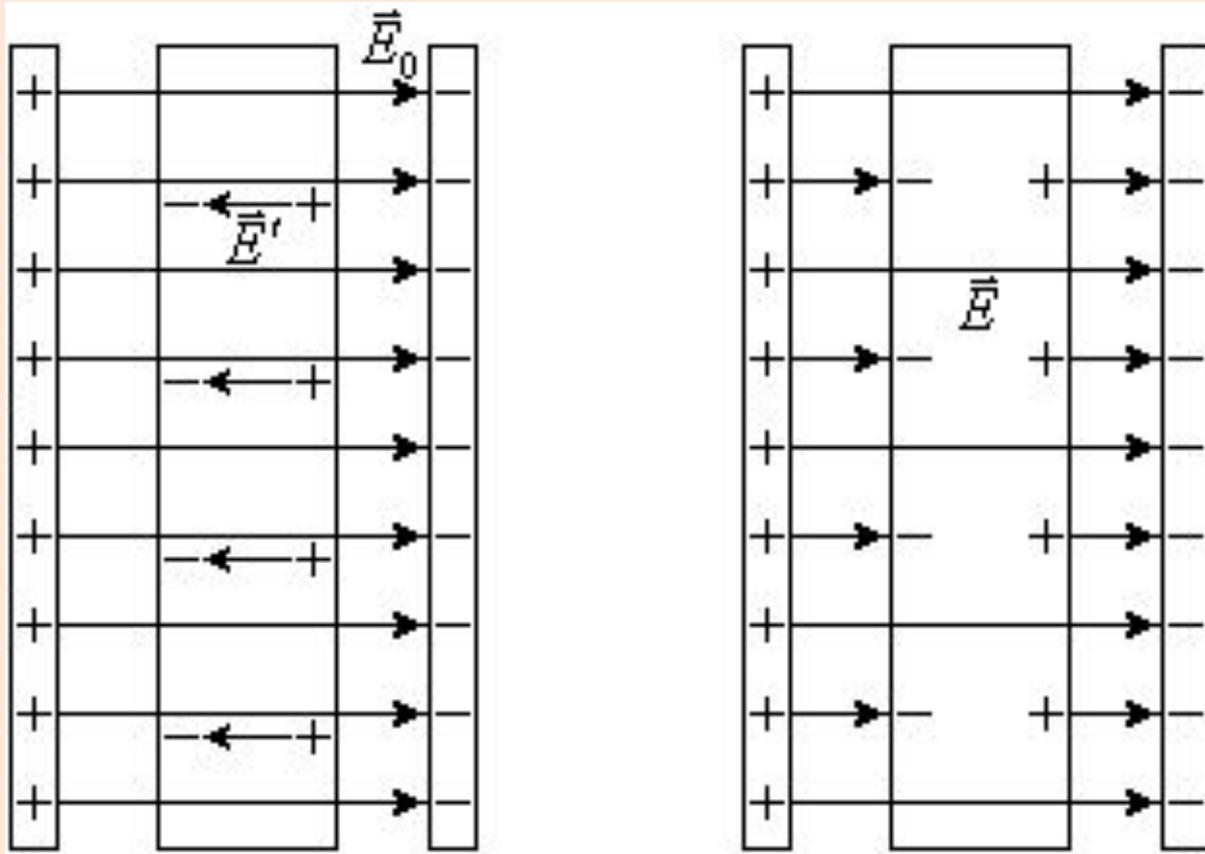


**объемная
плотность
заряда**

$$\operatorname{div} \vec{P} = -\rho'$$

Дивергенция вектора поляризации равна объемной плотности связанного заряда в данной точке, взятой с обратным знаком.

Электростатическое поле в диэлектрике



$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}'; \quad E = E_0 - E'; \quad E < E_0.$$

**Поле снаружи
диэлектрика не меняется.
Поле внутри диэлектрика
слабее, чем снаружи.
Причина – наложение
поля связанных зарядов.**

$$E' = \frac{\sigma'}{\epsilon_0}; \quad E = E_0 - \frac{\sigma'}{\epsilon_0}; \quad \sigma' = P;$$

$$E = E_0 - \frac{P}{\epsilon_0}; \quad E = E_0 - \frac{\kappa \epsilon_0 E}{\epsilon_0}; \quad E = E_0 - \hat{\epsilon} E;$$

$$E = \frac{E_0}{1 + \hat{\epsilon}};$$

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

**Величину $\varepsilon = 1 + k$ называют
относительной
диэлектрической
проницаемостью среды.**

**Поле в
диэлектрике
ослабевает в ε
раз.**