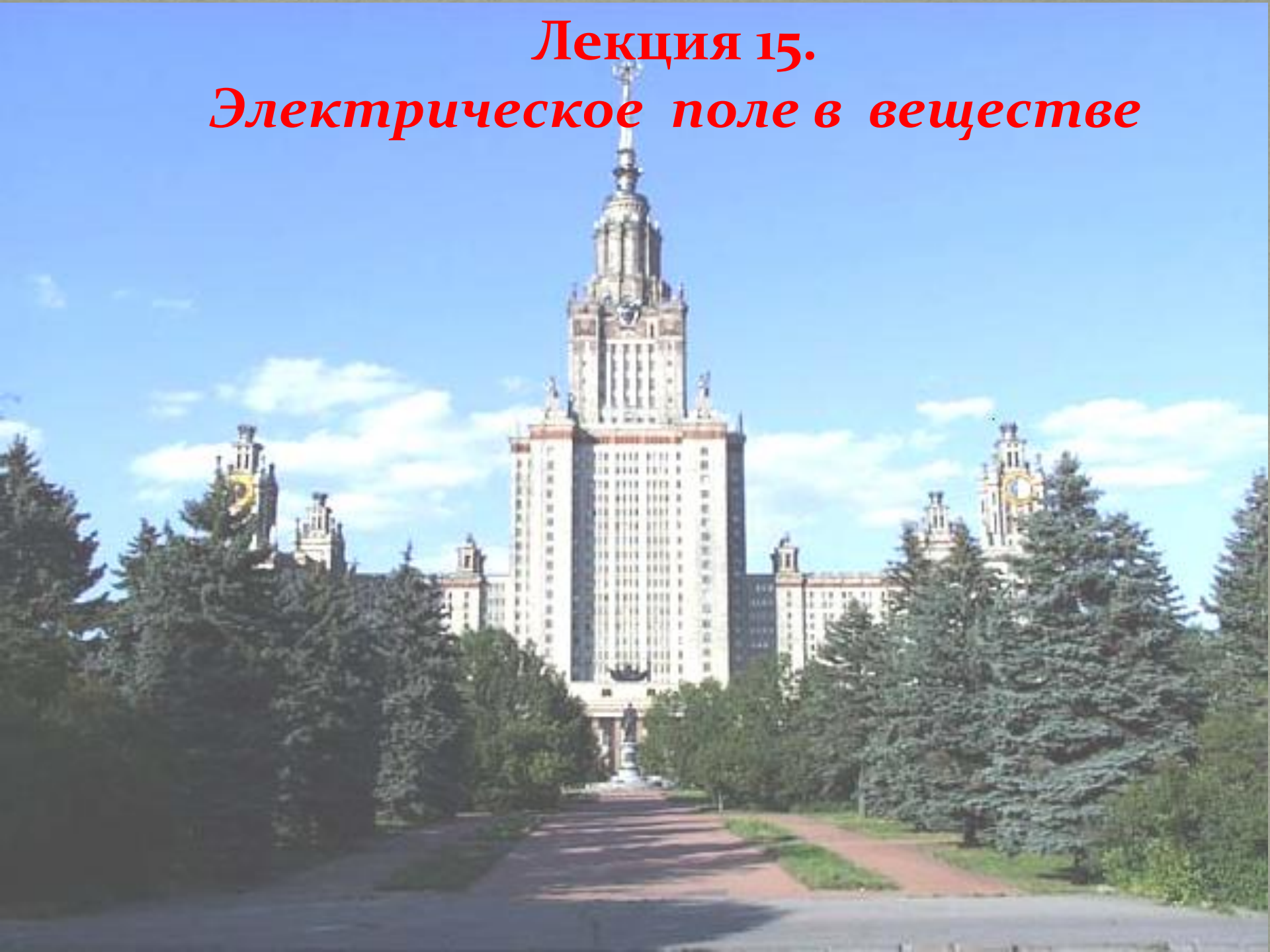
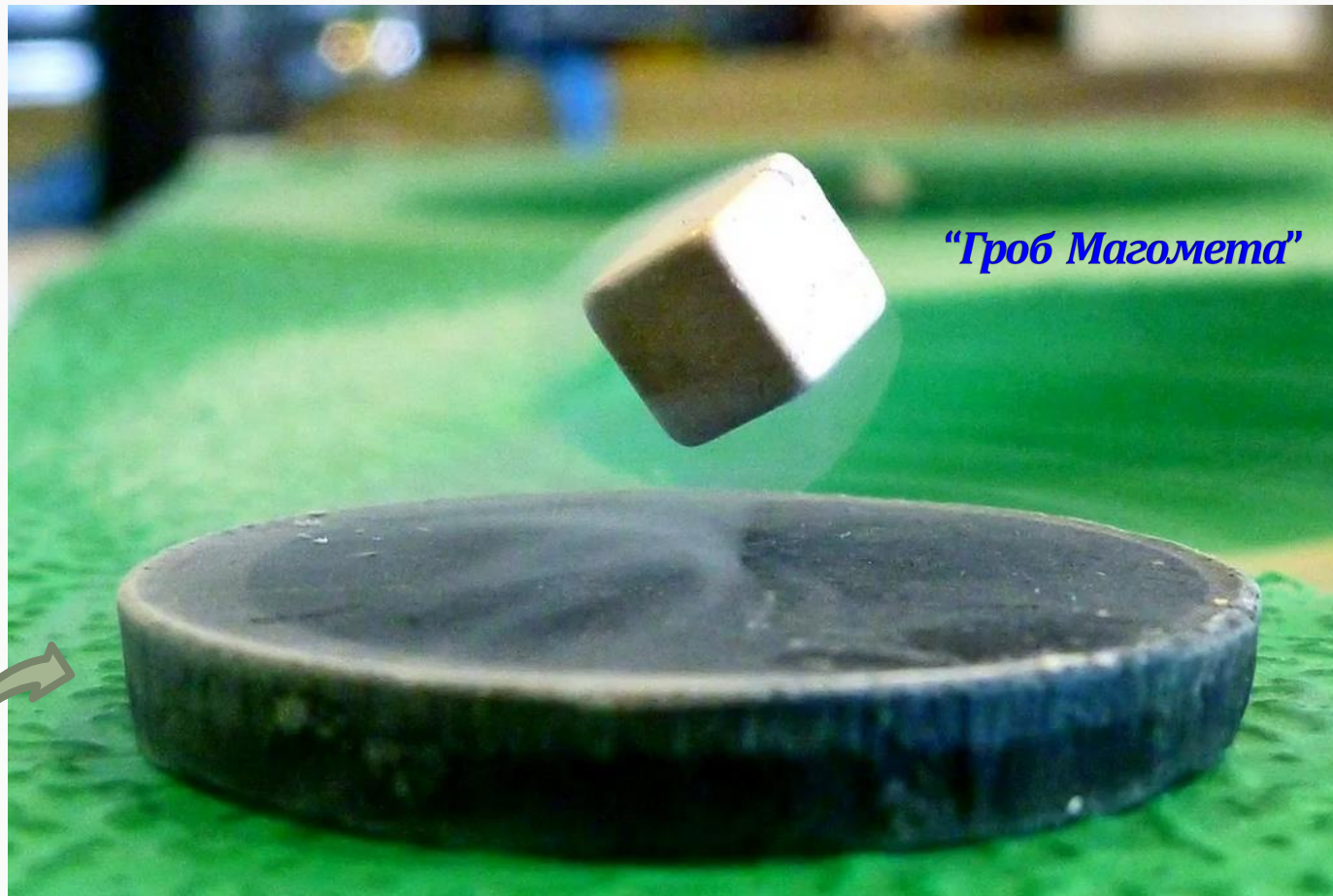


Лекция 15.
Электрическое поле в веществе

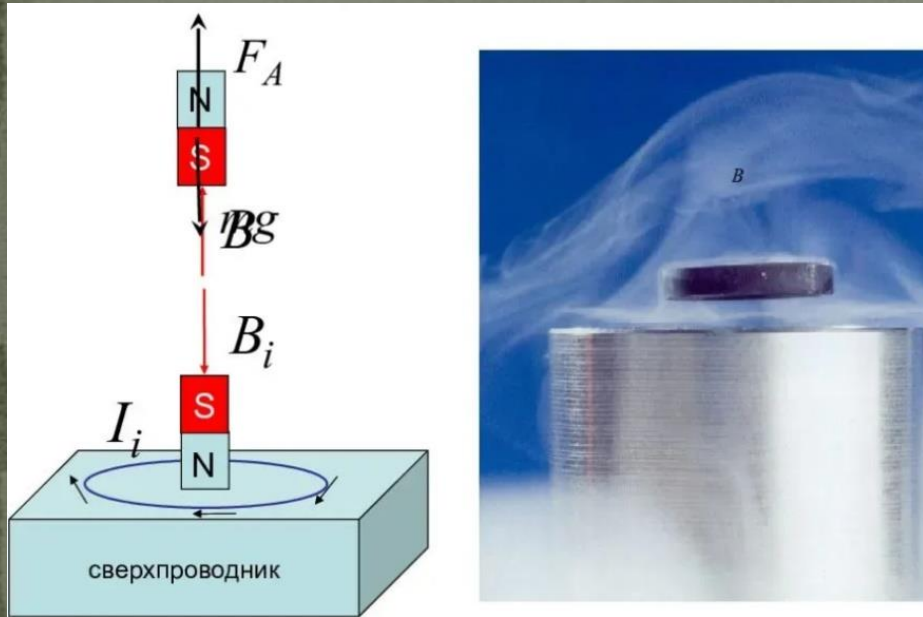


“Идеальный диамагнетизм” в сверхпроводнике*) ⇒
левитация магнита



*) ВТСП: например, керамика $YBa_2Cu_3O_{7-x}$

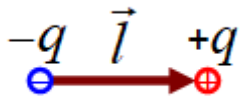
“Идеальный диамагнетизм” – “магнитная левитация”



***) § 11. Электрическое поле в веществе

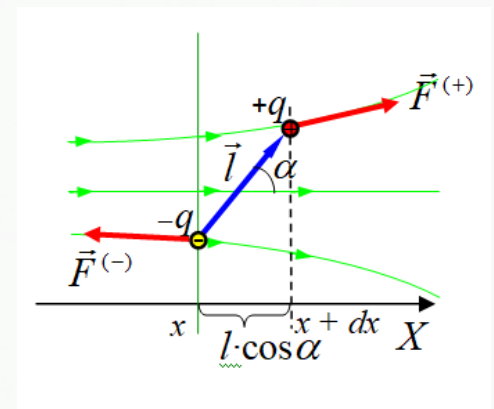
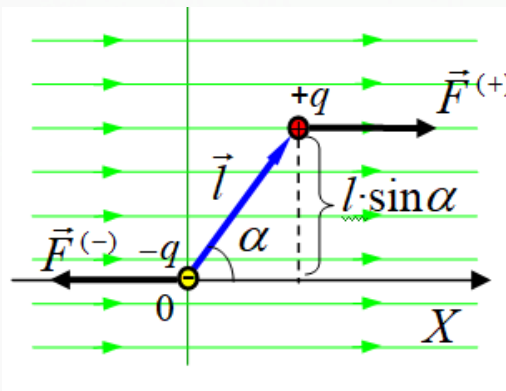
11.1. Электрический диполь

► (*Опр.*) Электрическим диполем называется система, состоящая из двух одинаковых по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов q , находящихся на расстоянии l друг от друга


$$\vec{p} = q \cdot \vec{l}$$

$$\vec{N} = [\vec{p}, \vec{E}]$$

Ориентируется
по полю и
втягивается
в него



11.2. Понятие о механизмах поляризации диэлектриков

Без поля: $\sum_i \vec{p}_i^M = 0$

В поле \vec{E} : $\sum_i \vec{p}_i^M \neq 0$ ← “Поляризация среды”

⇒ Собственное поле диполей: \vec{E}' !

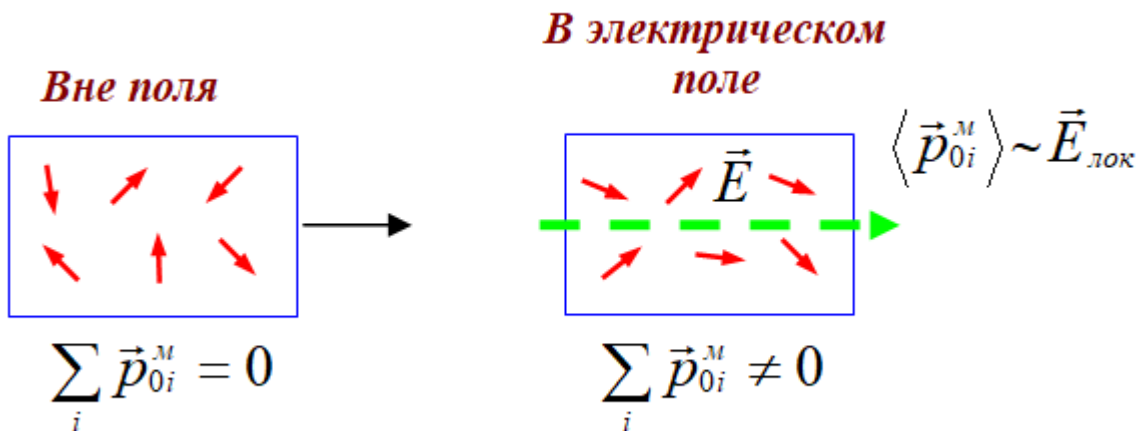
11.2.1. Полярные – ориентационный (дипольный) механизм (H_2O , HCl , NH_3 , ...)

Таблица

Дипольные моменты молекул в Дебаях, (Д)

Молекула	p , Д	Молекула	p , Д
CO	0,11	NH ₃	1,46
NO ₂	0,32	H ₂ O	1,86
O ₃	0,53	H ₂ O ₂	2,26

1 Дебай $\approx 3,3 \cdot 10^{-30}$ Кл·м



$$\langle \vec{p} \rangle = \frac{p_0^2}{3kT} \cdot \vec{E}_{лок}$$

“Аналог” закона Кюри для парамагнетиков

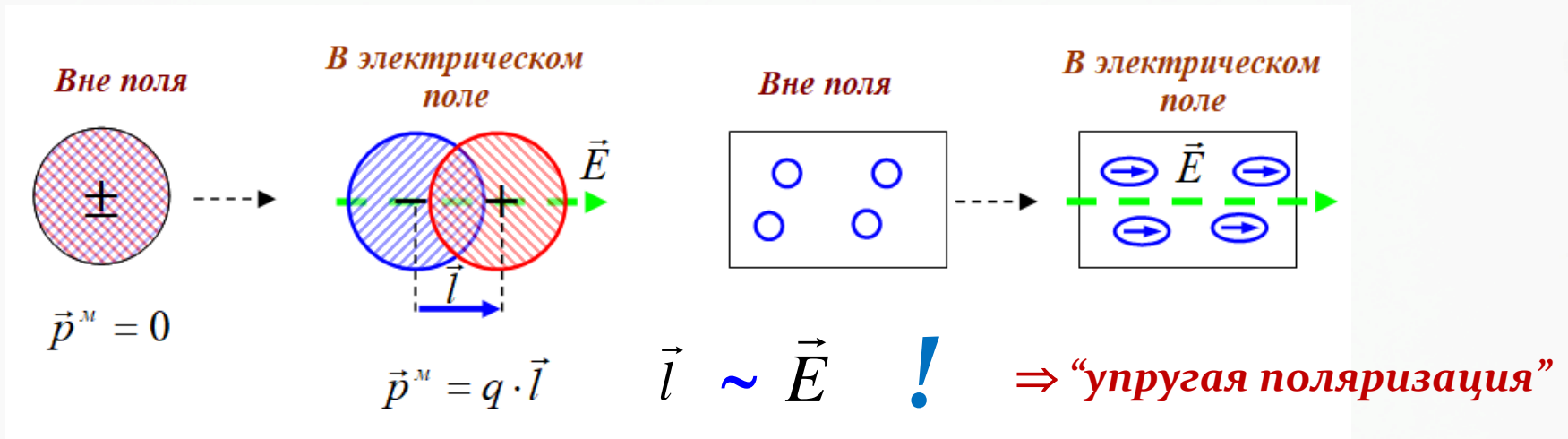
11.2.2. неполярные – электронная поляризация (поляризация смещения) (Ar, H₂, N₂, O₂, CO₂, CCl₄, ...)

Без поля: $\vec{p}_i^M = 0$

В поле \vec{E} : $\vec{p}_i^M = q\vec{l}$

$$\vec{p}_i^M = \alpha \varepsilon_0 \cdot \vec{E}$$

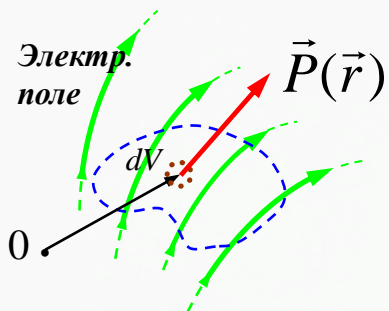
α – “поляризуемость молекул”



Собственное поле диполей: $\vec{E}' !$

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

➔ (Опр.) Состояние поляризации среды характеризует **вектор поляризации**



Локальная характеристика !

$$\vec{P}(\vec{r}) = \frac{\sum_i \vec{p}_i^M}{\Delta V}$$

именно \vec{P} определяет \vec{E}' : $\vec{E}' = \frac{1}{\epsilon_0} \vec{P}$


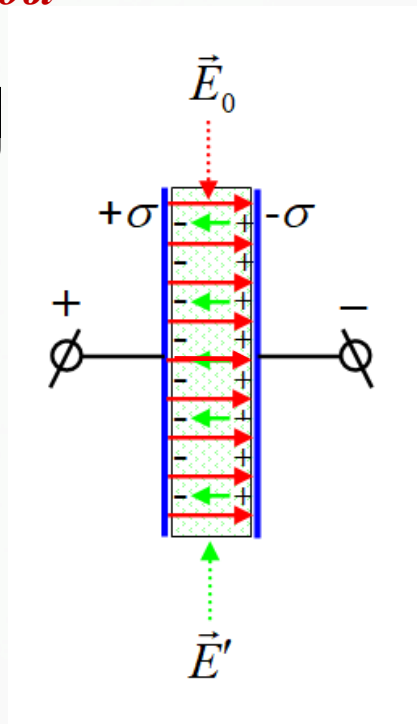
Эксперимент: $\vec{P} = \kappa \cdot \epsilon_0 \vec{E}$ $\vec{E}' = \kappa \cdot \vec{E}$
 κ – диэлектрическая восприимчивость среды

) **Совсем необязательная "формула": $\kappa = \frac{1}{\epsilon_0} \left(\frac{p_0^2}{3kT} \cdot n_{пол} + \alpha \epsilon_0 \cdot n_{н.п.} \right)$

$$\epsilon = \epsilon(T)$$

В веществе: $\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}'$
и при этом: $\vec{E}' \downarrow \uparrow \vec{E}_0$!

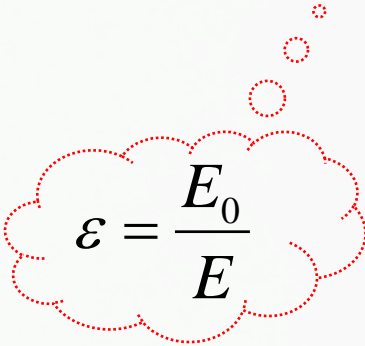
Поэтому: $E = E_0 \ominus E'$

$$E = E_0 - \kappa \cdot E \Rightarrow E + \kappa \cdot E = E_0 \Rightarrow E = \frac{E_0}{1 + \kappa} = \frac{E_0}{\varepsilon}$$

... и окончательно:

➡ **(Опр.)** диэлектрическая проницаемость среды:


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

***) Общий вывод:**

В тех случаях, когда однородный изотропный диэлектрик занимает всю область пространства, где есть электрическое поле, присутствие диэлектрика сводится к уменьшению поля (т.е. \vec{E} и φ) в ε раз. Соответственно уменьшаются и силы взаимодействия заряженных тел

***) Таблица. Диэлектрическая проницаемость веществ**

<i>Твёрдые тела</i>	<i>ϵ</i>	<i>Жидкости / Газы (атм. давление)</i>	<i>ϵ</i>
Бумага сухая / Каучук	2–2,5	Бензин / Масло	2–4,8
Эбонит / Янтарь	2,5–3	Вода дист.	81
Кварц	3,5–4,5	Спирт этил.	27
Плексиглас (оргстекло)	3,5	Азот	1,00054
Полистирол/Полиэтилен	2,3–2,6	Кислород	1,00055
Слюда	5,7–7	Углекислый газ	1,0009
Фарфор / Стекло	4–16	Воздух сухой	1,00025