

Модуль №2 **Пассивные и активные диэлектрики
и элементы на их основе**

ТЕМА 2.1 **Основные физические процессы в
диэлектриках**

ЛЕКЦИЯ 1.2

ПОЛЯРИЗАЦИЯ ДИЭЛЕКТРИКОВ

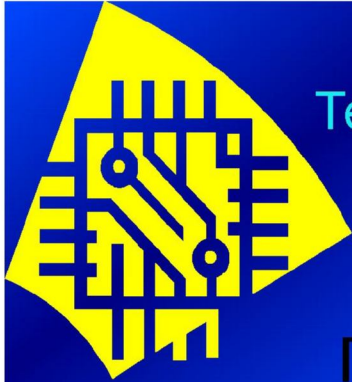
План лекции

- 2.1.1. Понятие поляризации
- 2.1.2. Механизмы поляризации
- 2.1.3. Классификация диэлектриков в связи с механизмами поляризации
- 2.1.4. Влияние агрегатного состояния на диэлектрическую проницаемость линейных диэлектриков



2.1.1. Понятие поляризации

Поляризация – это процесс в веществе ,
характеризуемый тем, что
электрический момент некоторого
объема этого вещества становится
отличным от нуля.



Тема 2.1 Основные физические процессы в диэлектриках

Практически значение диэлектрической проницаемости находят, определяя, насколько емкость конденсатора увеличилась в результате замены вакуума или воздуха между его пластинами данным материалом:

$$\varepsilon = \frac{C_D}{C_0}$$

где C_D —емкость конденсатора с данным диэлектриком,

C_0 —емкость конденсатора с вакуумом или воздухом.

Тема 2.1 Основные физические процессы в диэлектриках



Абсолютная диэлектрическая проницаемость величина, характеризующая диэлектрик и равная электрическому смещению в нем D , деленному на внешнюю напряженность электрического поля E :

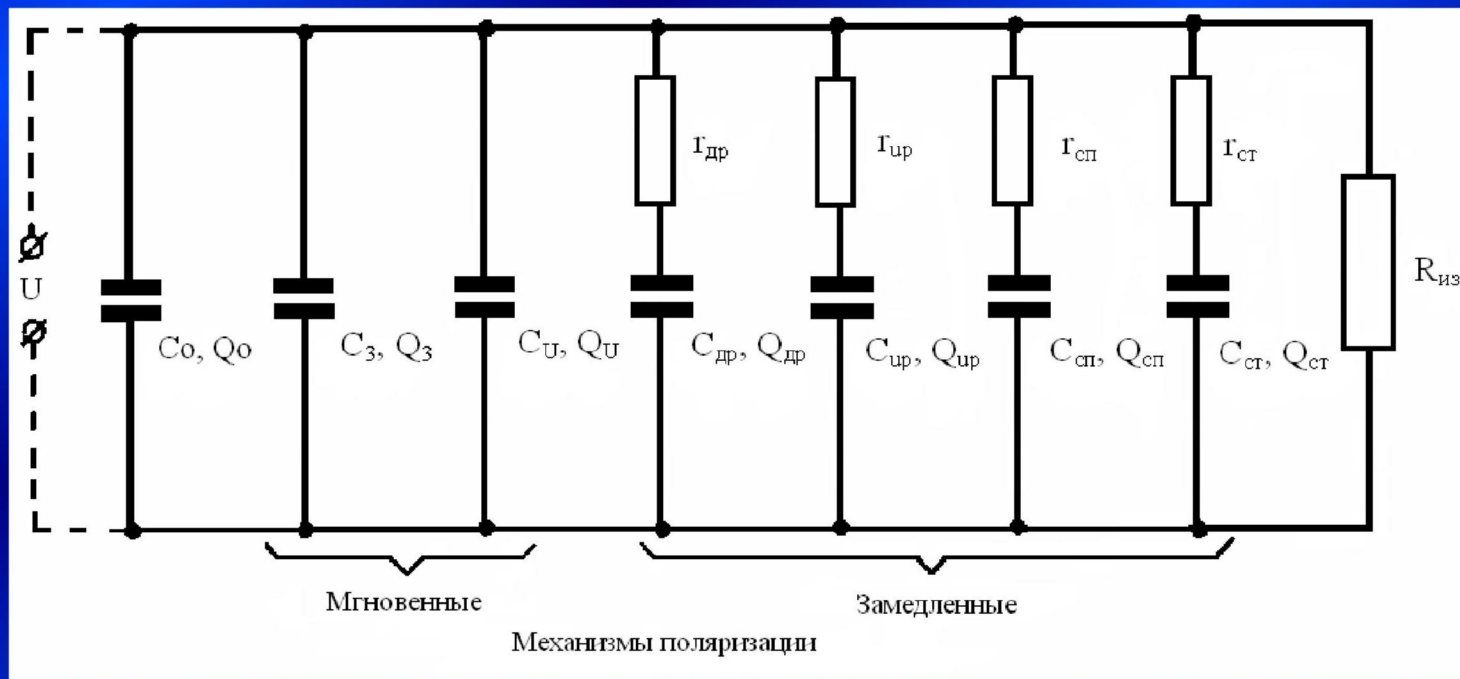
$$\epsilon_a = \epsilon_0 \epsilon = \frac{D}{E}$$

где ϵ - диэлектрическая проницаемость,
 ϵ_0 - электрическая постоянная, или абсолютная диэлектрическая постоянная вакуума.



2.1.2. Механизмы поляризации

Эквивалентная схема диэлектрика сложного состава с различными механизмами поляризации.





Механизмы поляризации

Электронная

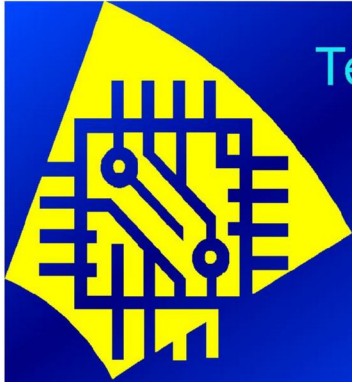
Ионная



Самопроизвольная
(спонтанная)

Ионно-релаксационная

Дипольно-релаксационная



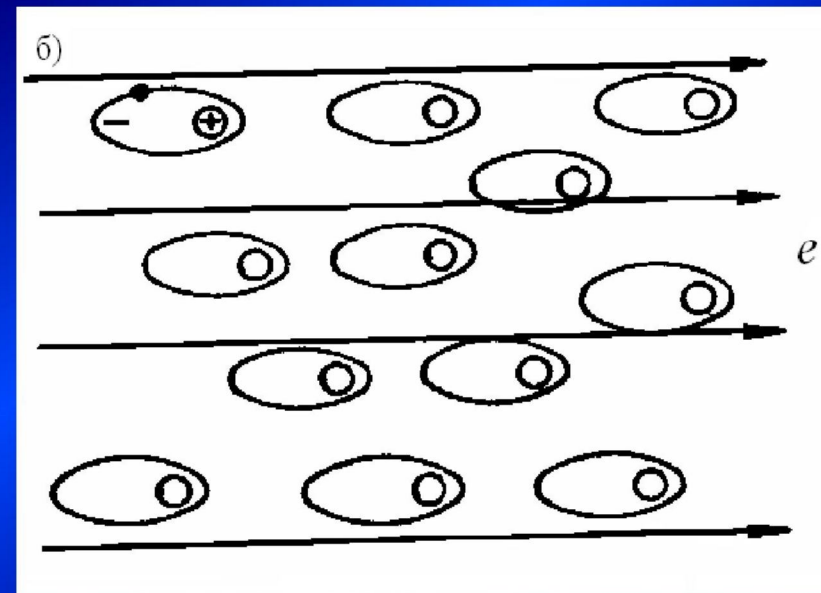
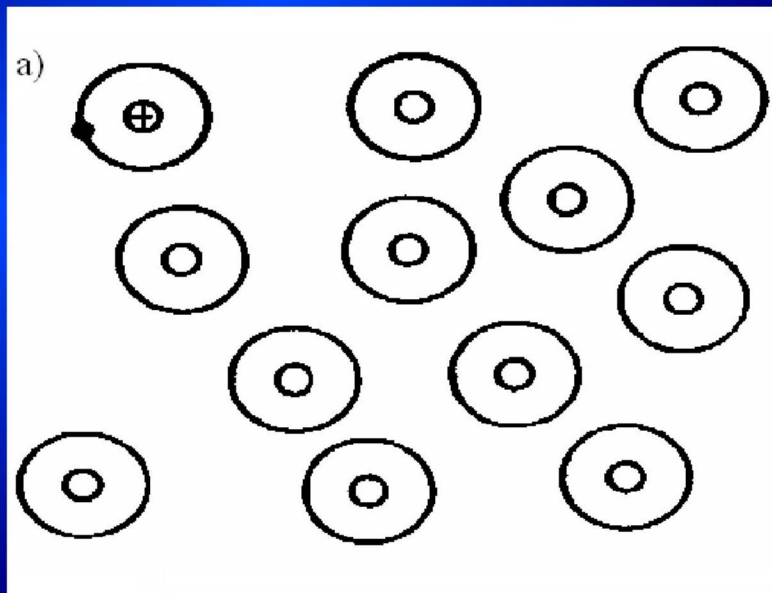
Электронная поляризация

наблюдается у всех видов диэлектриков и не связана с потерями энергии. Величина относительной диэлектрической проницаемости вещества с чисто электронной поляризацией численно равна квадрату показателя преломления света.

Тема 2.1 Основные физические процессы в диэлектриках

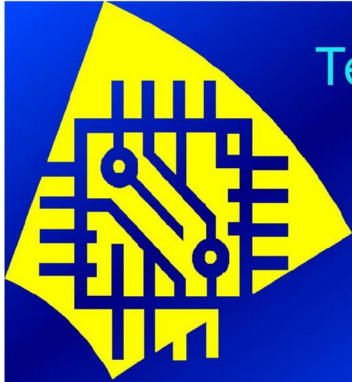


Упрощенная схема моделей атомов водорода



а - без поля;

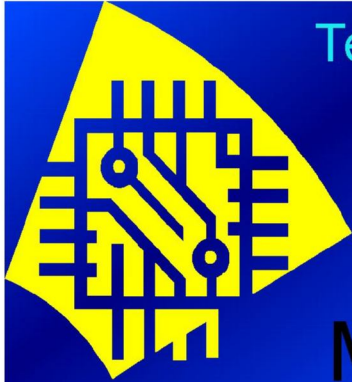
б - при воздействии электрического поля.



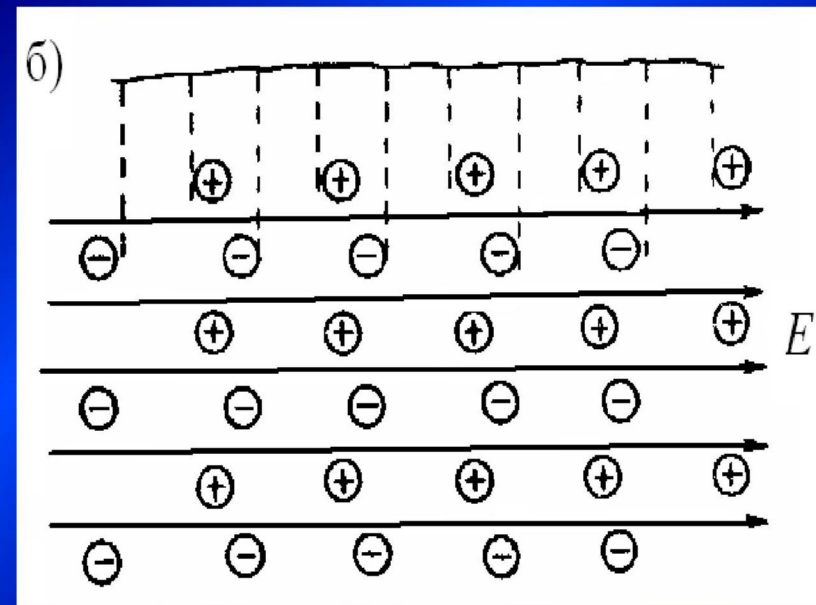
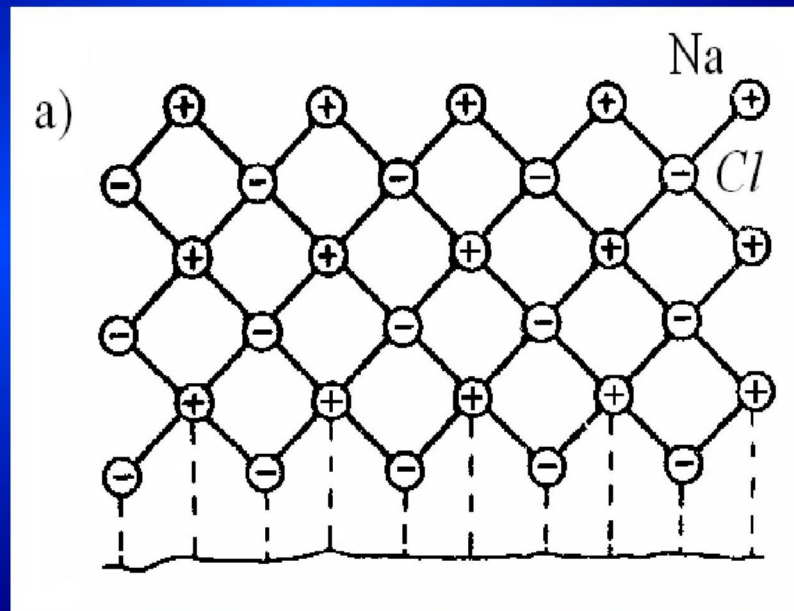
Ионная поляризация

(ϵ_i , Q_i) характерна для твердых тел с ионным строением и обуславливается упругим смещением ионов на расстояния, меньшие постоянной решетки.

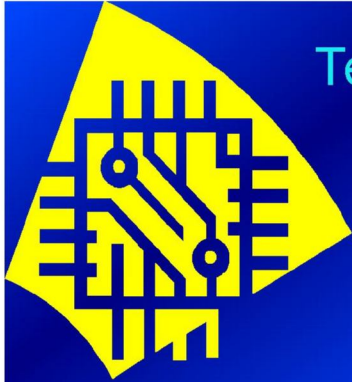
С повышением температуры величина поляризации возрастает, поскольку тепловое расширение, удаляя ионы друг от друга, ослабляет действующие между ними упругих сил.



Модель кристаллической решетки каменной соли



а) по направлению поля,
б) в противоположную сторону.

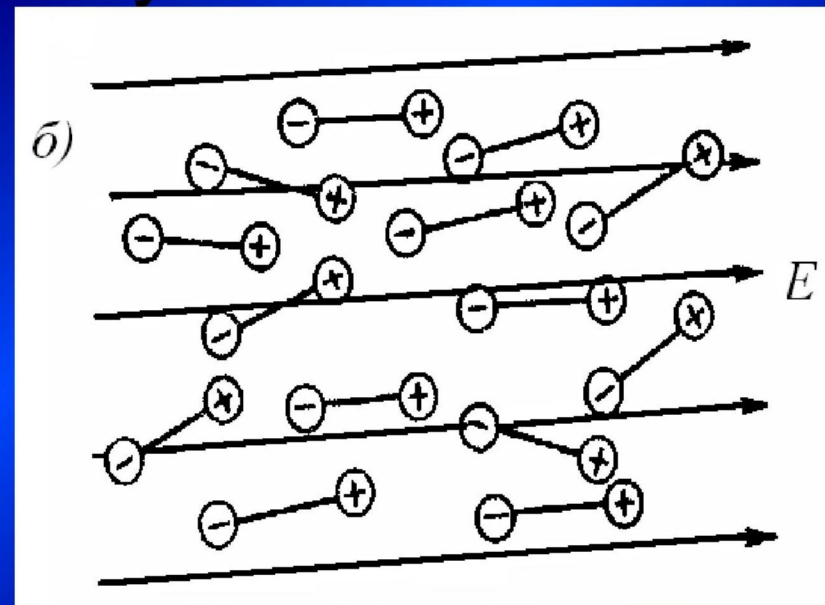
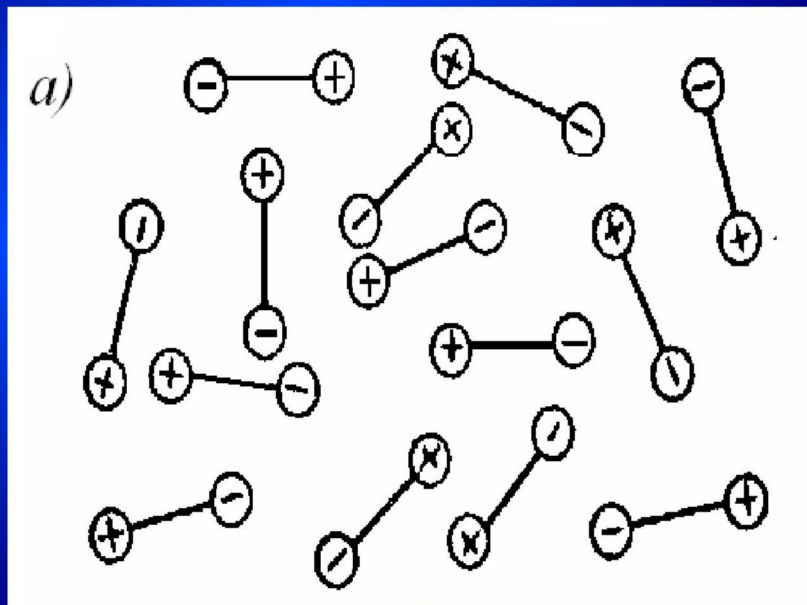


Дипольно-релаксационная поляризация

($\epsilon_{др}$, $Q_{др}$, $\tau_{др}$) отличается от электронной и ионной тем, что дипольные молекулы, находящиеся в хаотическом тепловом движении, частично ориентируются под действием поля, что и является причиной поляризации.



Примерное расположение дипольных молекул



а- когда электрического поля нет;
б - когда оно наложено.



Ионно-релаксационная поляризация

(Cip , Qip , rip) наблюдается в ионных диэлектриках с неплотной упаковкой ионов, например в неорганических стеклах и в некоторых кристаллических веществах. В этом случае слабо связанные ионы вещества, подвергаясь под воздействием внешнего электрического поля хаотическим тепловым перебросам, совершают избыточные перебросы в направлении поля и смещаются на расстояния, превышающие постоянную решетки. После снятия электрического поля ионы постепенно возвращаются к центрам равновесия.



Самопроизвольная (спонтанная) поляризация

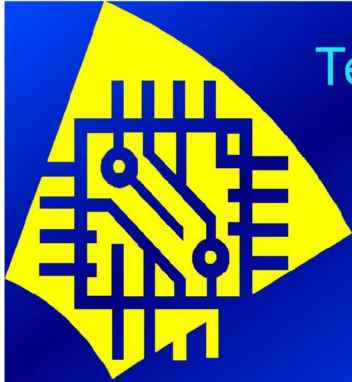
(C_{sp} , Q_{sp} , τ_{sp}) свойственна только группе твердых диэлектриков ионной структуры, получивших название сегнетоэлектриков.

Структурная поляризация считающаяся дополнительным механизмом поляризации, проявляется в твердых телах неоднородной структуры при макроскопических неоднородностях и наличии примесей. Она обнаруживается лишь при низких частотах и связана со значительным рассеянием электрической энергии.



2.1.3. Классификация диэлектриков в связи с механизмами поляризации





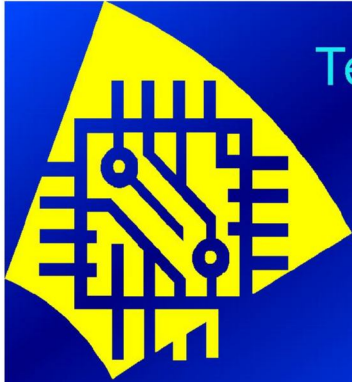
Нейтральные (неполярные) диэлектрики.

К этой группе относятся материалы, обладающие, в основном электронной поляризацией. Это газы, жидкости и твердые вещества в кристаллическом и аморфном состояниях. Примерами нейтральных диэлектриков могут служить водород, бензол, парафин, сера и полиэтилен.



Дипольные (полярные) диэлектрики.

К числу этих диэлектриков принадлежат материалы, обладающие одновременно и дипольно-релаксационной и электронной поляризациями, например масляно-канифольные компаунды, фенолформальдегидные и эпоксидные смолы, целлюлоза, хлорированные углеводороды и некоторые другие органические жидкие, полужидкие и твердые вещества.



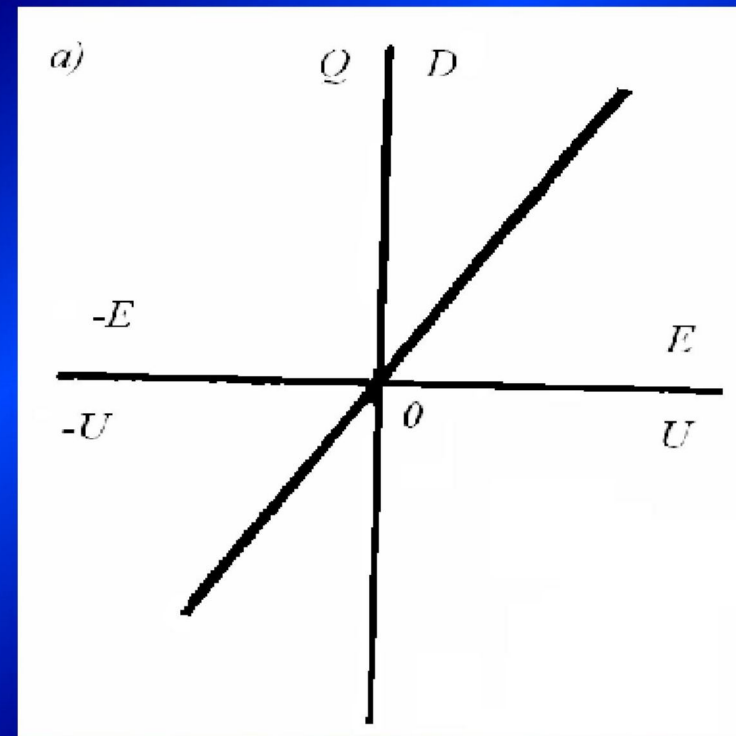
Ионные соединения. Эту группу, в которую входят твердые неорганические диэлектрики с ионной, электронной и ионно-релаксационной поляризациями, целесообразно разделить на две подгруппы, существенно различающиеся по своим электрическим характеристикам. К подгруппе диэлектриков с ионной и электронной поляризациями относятся преимущественно кристаллические вещества с плотной упаковкой ионов, например кварц, слюда, каменная соль и корунд.

Сегнетоэлектрики. Эту группу составляют диэлектрики, характеризующиеся спонтанной, электронной и ионной поляризациями, например сегнетова соль.



Зависимость заряда Q конденсатора от напряжения U

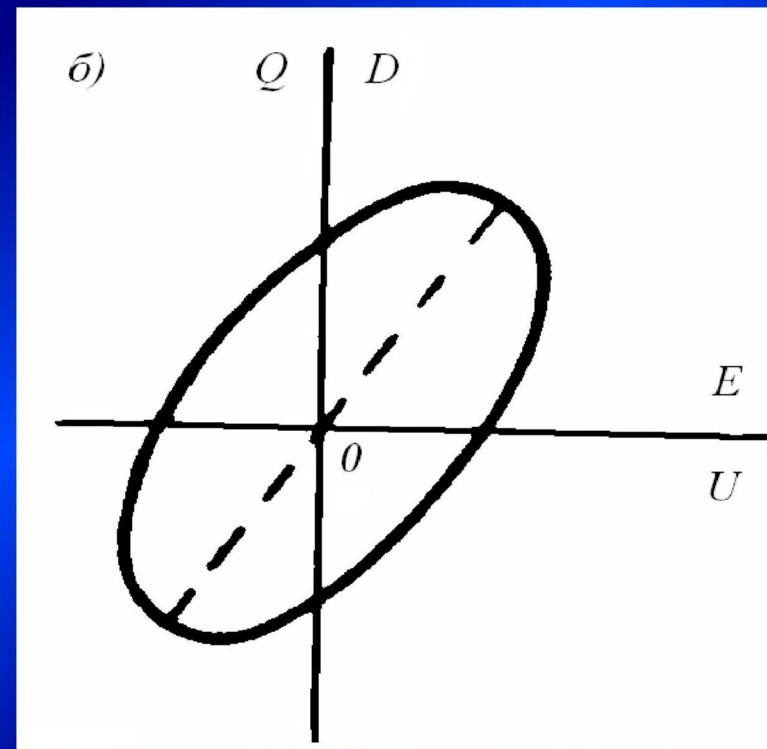
Линейные диэлектрики с безынерционными механизмами поляризации (электронной, ионной) и ничтожно малой сквозной проводимостью.





Зависимость заряда Q конденсатора от напряжения U

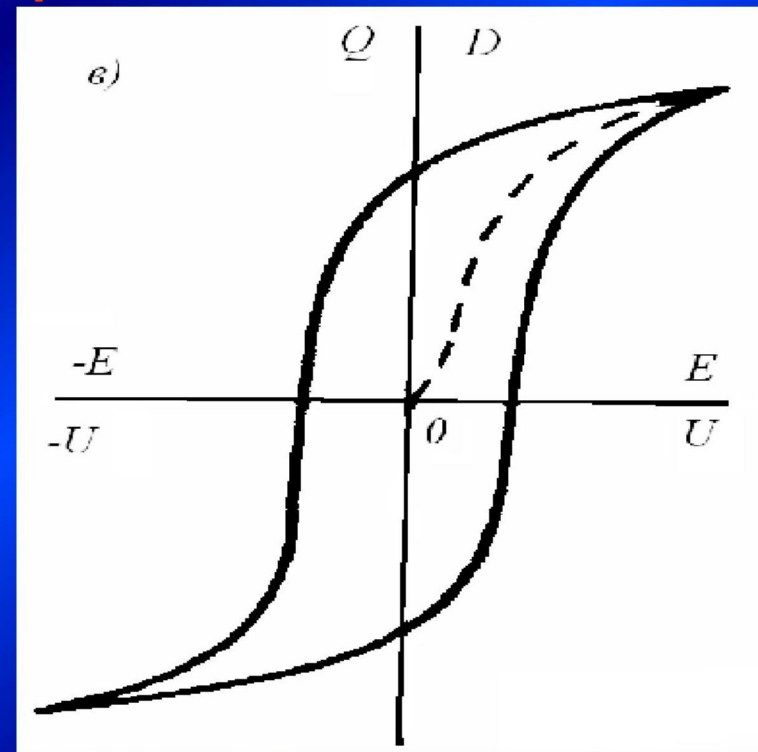
Линейные диэлектрики
с замедленными
(релаксационными)
механизмами
поляризации





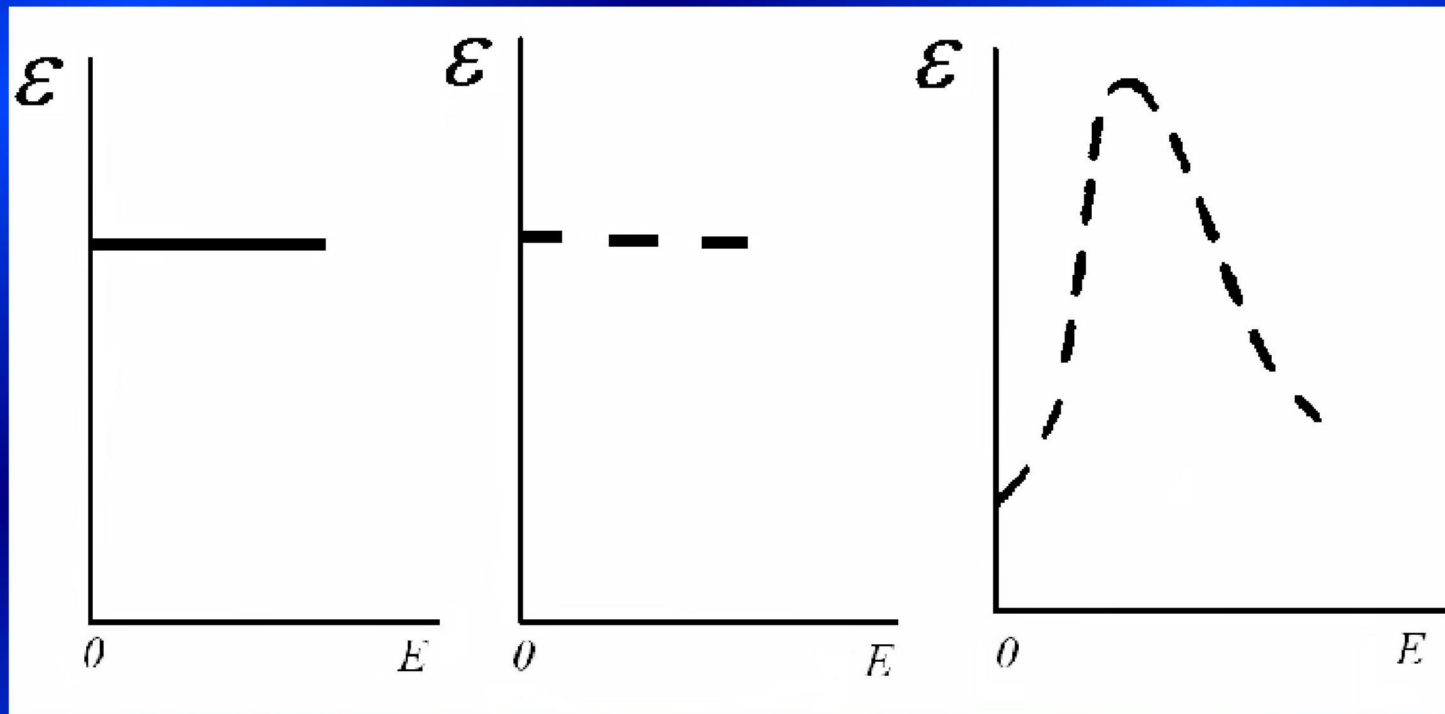
Зависимость заряда Q конденсатора от напряжения U

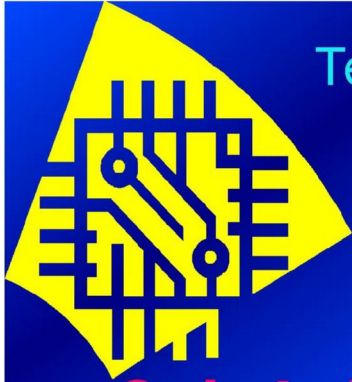
У нелинейных диэлектриков – сегнетоэлектриков зависимость заряда от напряжения имеет вид петли гистерезиса





Зависимость диэлектрической проницаемости от напряженности поля E .





2.1.4. Влияние агрегатного состояния на диэлектрическую проницаемость линейных диэлектриков

Значение диэлектрической проницаемости ϵ вещества, характеризующее степень его поляризуемости, определяется в первую очередь механизмами поляризации.



Диэлектрическая проницаемость газов.

Газообразные вещества характеризуются весьма малыми плотностями вследствие больших расстояний между молекулами. Ввиду этого поляризация всех газов незначительна.

Зависимость диэлектрической проницаемости газа от температуры и давления определяется числом молекул в единице объема, которое пропорционально давлению и обратно пропорционально абсолютной температуре.



Диэлектрическая проницаемость жидких диэлектриков.

Жидкие диэлектрики могут быть построены из нейтральных (неполярных) молекул или из дипольных (полярных) молекул. У неполярных жидкостей величина диэлектрической проницаемости определяется наличием только электронной поляризации. У жидкостей, содержащих дипольные молекулы, поляризация определяется одновременно электронной и дипольно-релаксационной составляющими.



Диэлектрическая проницаемость твердых диэлектриков.

У твердых тел диэлектрическая проницаемость может принимать самые различные числовые значения в соответствии с разнообразием структурных особенностей твердых диэлектриков. Диэлектрики, построенные из нейтральных молекул и обладающие только электронной поляризацией, имеют наименьшее значение диэлектрической проницаемости.