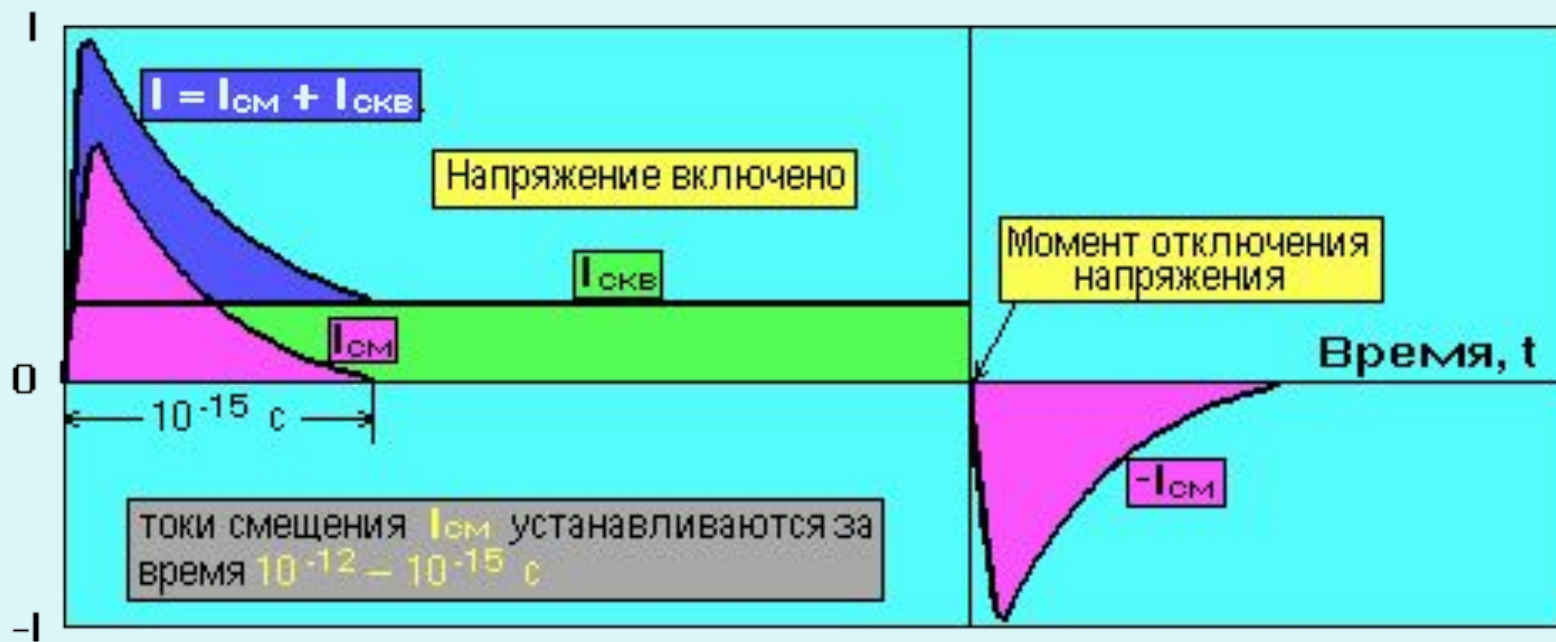
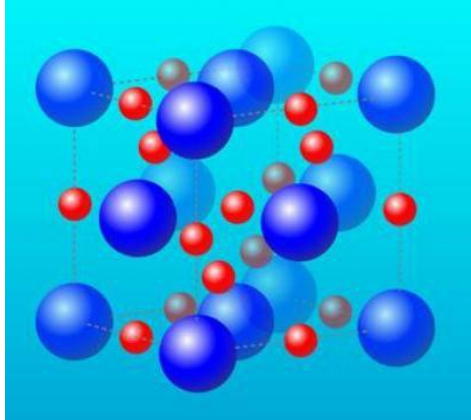


Электропроводность диэлектриков



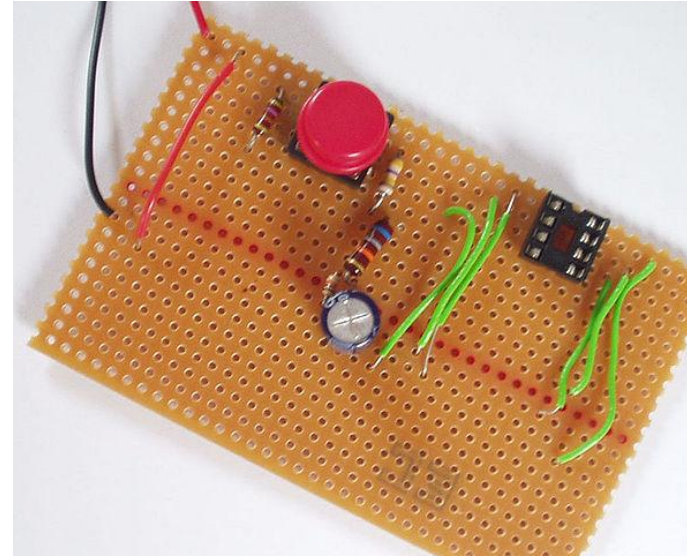
Идеальный диэлектрик



Отсутствуют свободных заряды. Электроны атомов связаны с ядром атома, и нужны сильные воздействующие факторы, чтобы нарушить эту связь.

$$\rho \rightarrow \infty \Rightarrow \gamma \rightarrow 0$$

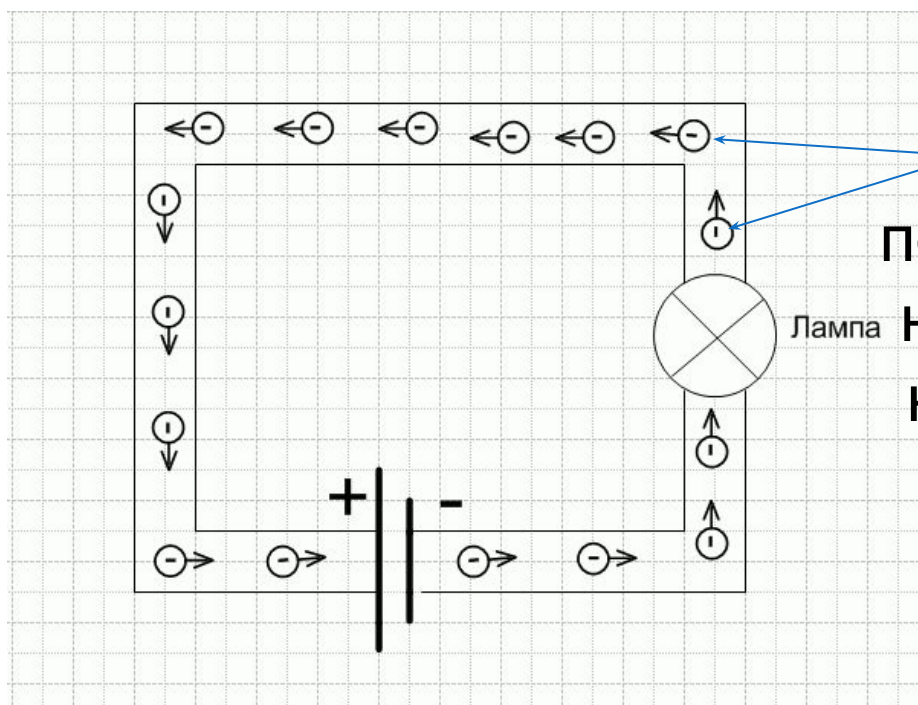
Технический диэлектрик



Электропроводность обусловлена наличием свободных и слабо связанных носителей заряда.

$$\rho = 10^6 - 10^{17} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Электропроводность – явление, обусловленное наличием свободных и слабо связанных носителей заряда в диэлектрике.

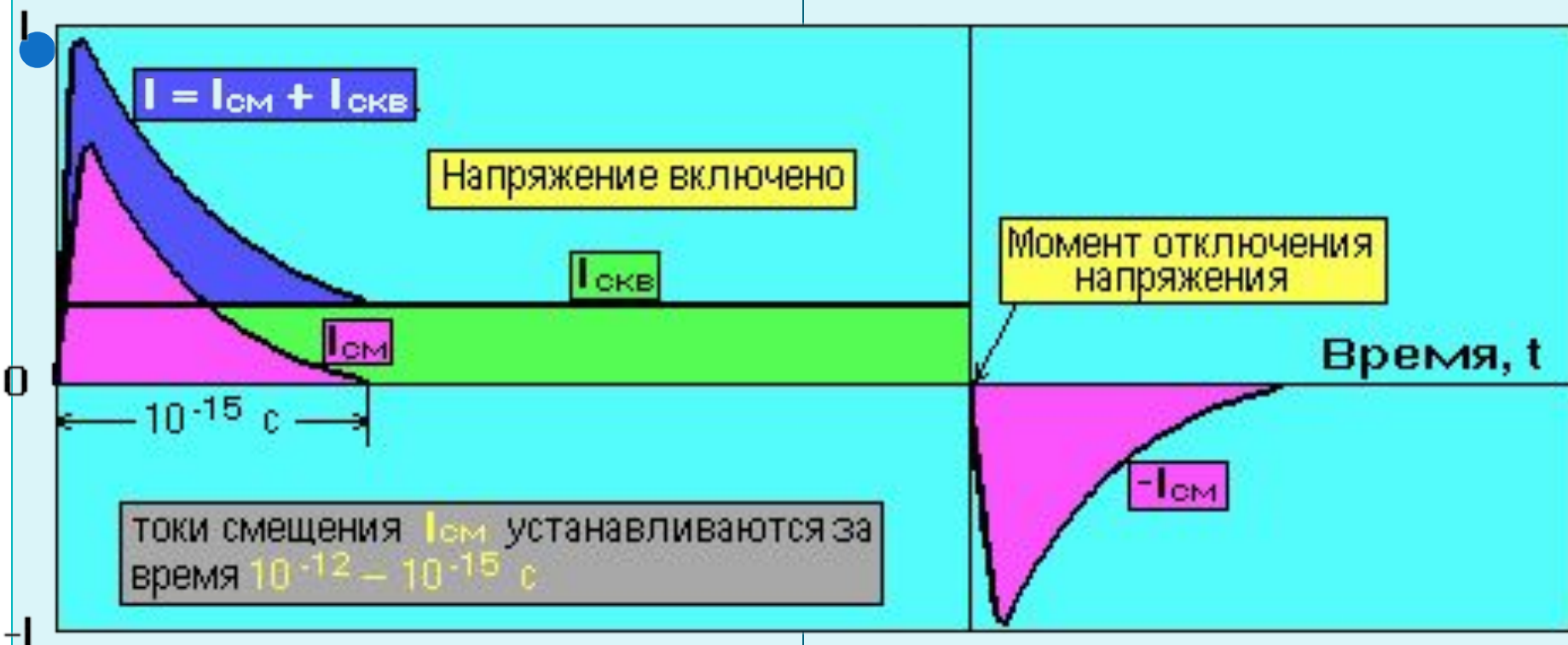


Заряды под действием постоянного приложенного напряжения приобретают направленное движение, вызывая тем самым электрический ток.

Процессы, протекающие в диэлектрике

Поляризация

Электропроводность



Плотность тока утечки технического диэлектрика



- $J_{ут} = J_{ск} + J_{абс}$,

- где $J_{абс} \approx \frac{\partial D}{\partial \tau} = J_{см}$.

Проводимость диэлектрика при **постоянном напряжении** определяется по **сквозному току**;

При **переменном напряжении** активная проводимость определяется не только **сквозным током**, но и **активными составляющими абсорбционных токов**.

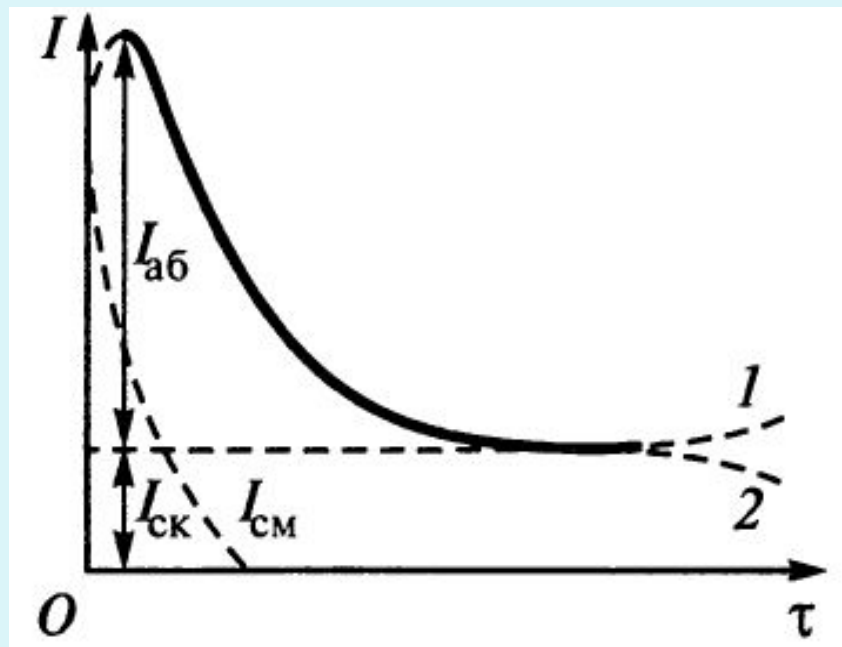


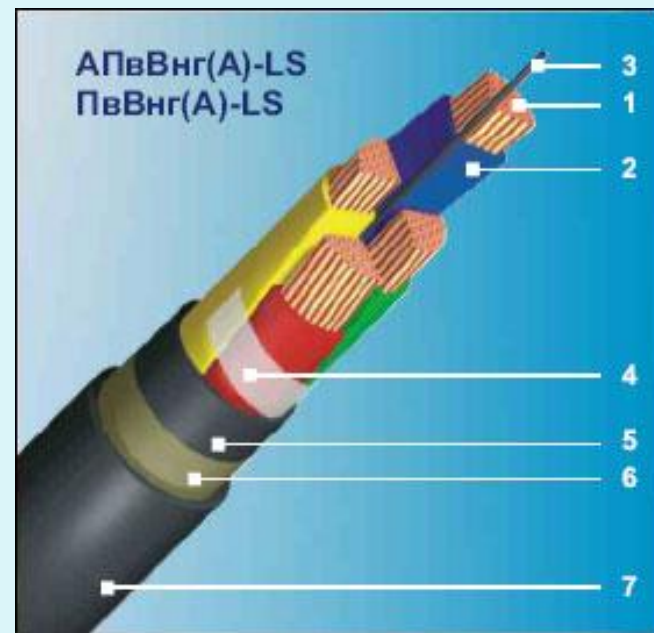
Рисунок 1 – Зависимость тока утечки через диэлектрик от времени

Сопротивление изоляции, определяющее СКВОЗНОЙ ТОК



- $J_{ут} = J_{ск} + J_{абс}$, измеренный через одну минуту после включения напряжения и принимаемый за СКВОЗНОЙ ТОК

где $J_{абс} \approx \frac{\partial D}{\partial \tau} = J_{см}$.



Для твердых электроизоляционных материалов различают:

Объемная проводимость

- $J_{\text{ут}} = J_{\text{ск}} + J_{\text{абс}}$,

где $J_{\text{абс}} \approx \frac{\partial D}{\partial \tau} = J_{\text{см}}$.

Поверхностная проводимость

- $J_{\text{ут}} = J_{\text{ск}} + J_{\text{абс}}$,

где $J_{\text{абс}} \approx \frac{\partial D}{\partial \tau} = J_{\text{см}}$.

При длительной работе сквозной ток через может увеличиваться или уменьшаться:

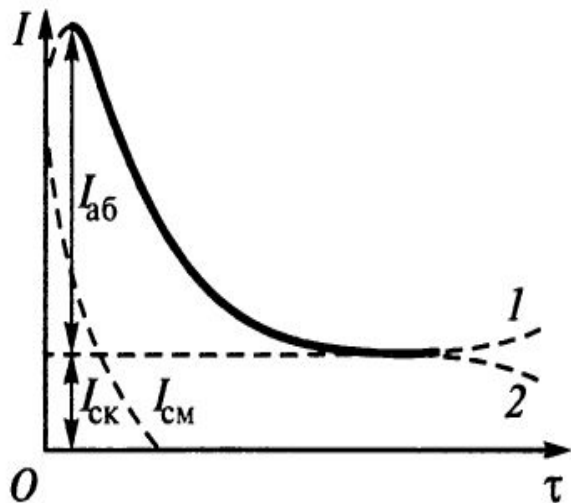


Рис. 3.3. Зависимость величины тока I в диэлектрике от времени τ приложения постоянного напряжения (схематически):

$I_{см}$ — ток смещения, вызванный деформационными видами поляризации; $I_{аб}$ — ток абсорбции; $I_{ск}$ — ток сквозной проводимости; 1 — электрическое старение (электролиз); 2 — электроочистка

Увеличение тока со временем (1) говорит об участии в нем зарядов, являющимися структурными элементами самого материала, и о протекающем в нем под напряжением необратимом процессе **старения**;

Уменьшение тока говорит о том, что электропроводность материала обусловлена ионами посторонних примесей и уменьшалась за счет электрической очистки образца.

Зависимость электропроводности диэлектриков, концентрации носителей зарядов и их подвижности от температуры.



где $J_{абс} \approx \frac{\partial D}{\partial \tau} = J_{см}$.

• $J_{ут} = J_{ск} + J_{абс}$.

где $J_{абс} \approx \frac{\partial D}{\partial \tau} = J_{см}$.

• $J_{ут} = J_{ск} + J_{абс}$.

Удельная объемная электропроводность, См/м,

где $J_{абс} \approx \frac{\partial D}{\partial \tau} = J_{см}$.

• $J_{ут} = J_{ск} + J_{абс}$.

где $J_{абс} \approx \frac{\partial D}{\partial \tau} = J_{см}$.

• $J_{ут} = J_{ск} + J_{абс}$.

Подвижность носителей заряда μ – отношение его дрейфовой скорости V к напряженности электрического поля E , вызывающего эту скорость,

где $J_{абс} \approx \frac{\partial D}{\partial \tau} = J_{см}$.

• $J_{ут} = J_{ск} + J_{абс}$.

Зависимость электропроводности диэлектриков, концентрации носителей зарядов и их подвижности от температуры.



- $J_{\text{ут}} = J_{\text{ск}} + J_{\text{абс}},$

где $J_{\text{абс}} \approx \frac{\partial D}{\partial \tau} = J_{\text{см}}.$

Подвижность а ионов в диэлектрике с увеличением температуры экспоненциально возрастает.

- $J_{\text{ут}} = J_{\text{ск}} + J_{\text{абс}},$

где $J_{\text{абс}} \approx \frac{\partial D}{\partial \tau} = J_{\text{см}}.$

где $J_{\text{абс}} \approx \frac{\partial D}{\partial \tau} = J_{\text{см}}.$

- $J_{\text{ут}} = J_{\text{ск}} + J_{\text{абс}},$

Диэлектрик

| |
|----|
| ЗП |
| ЗЗ |
| ВЗ |

Зависимость электропроводности диэлектриков, концентрации носителей зарядов и их подвижности от температуры.



- $J_{yT} = J_{CK} + J_{abc},$

где $J_{abc} \approx \frac{\partial D}{\partial \tau} = J_{CM}.$

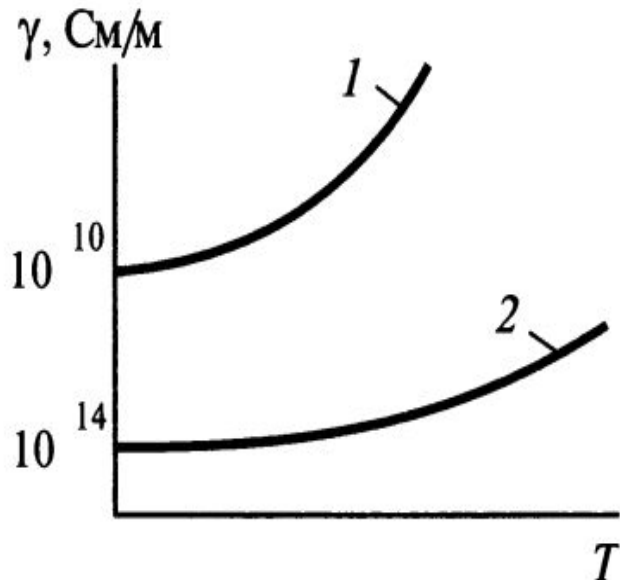
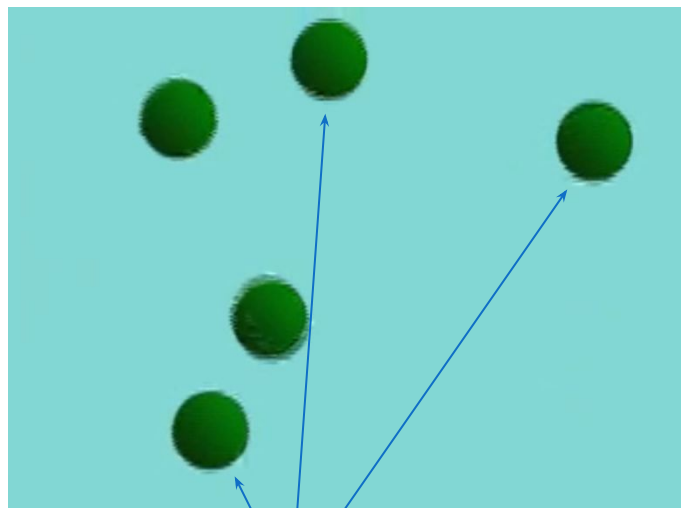
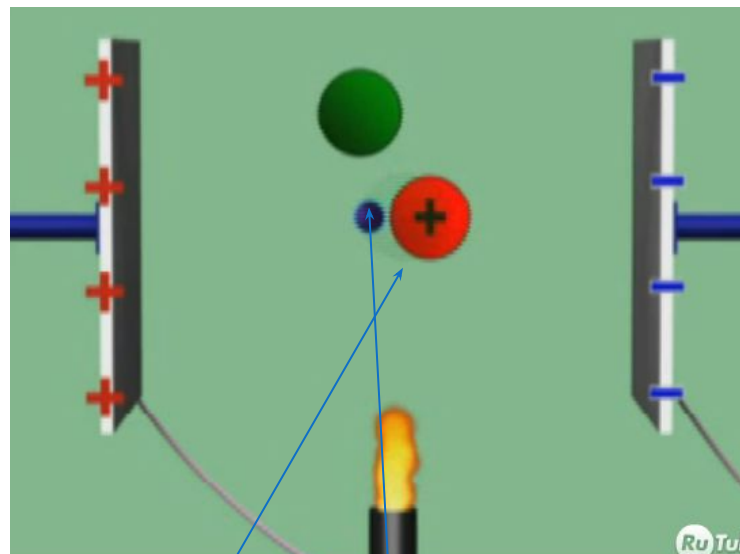


Рис. 3.4. Зависимость удельной электропроводности γ жидких полярных (1) и неполярных (2) диэлектриков от температуры T

Ионизация – это процесс, когда под действием ионизирующего излучения или сильного электрического поля молекула газа теряет электрон и превращается в положительный ион.

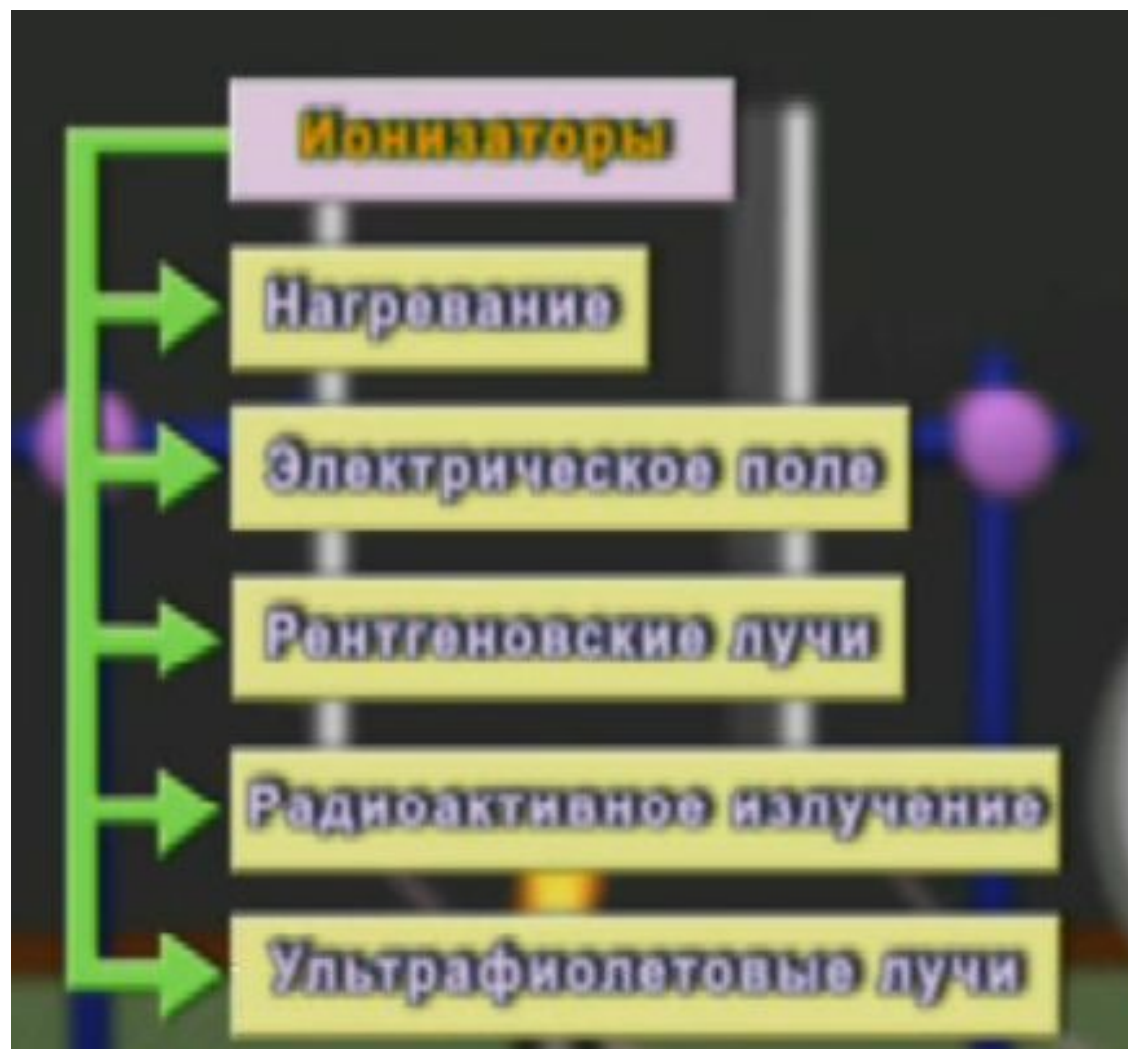


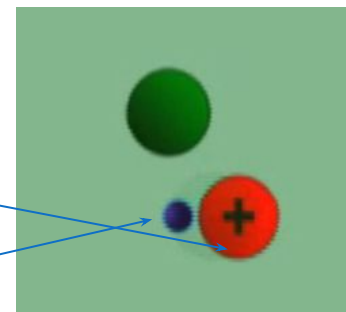
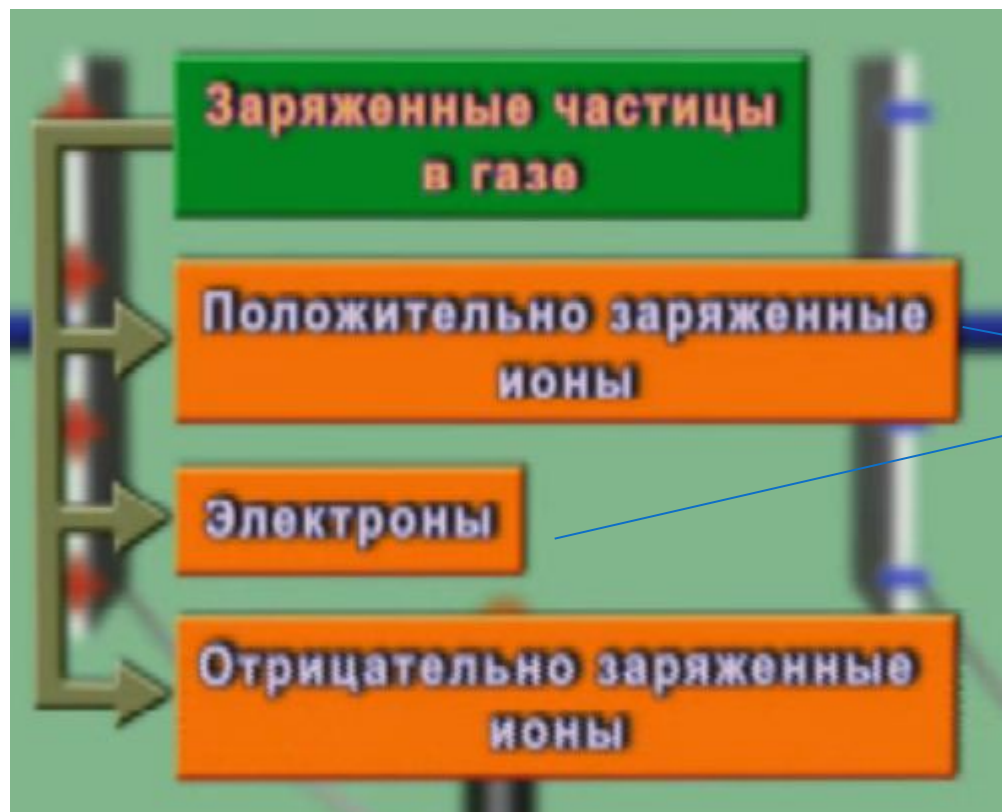
Нейтральные молекулы участвуют в тепловом хаотическом движении, периодически сталкиваясь друг с другом



При столкновении нейтральные молекулы распадаются на положительные ионы и электроны

Факторы, ускоряющие ионизацию





Электропроводность газов

обусловлена наличием в них заряженных частиц – ионов и электронов



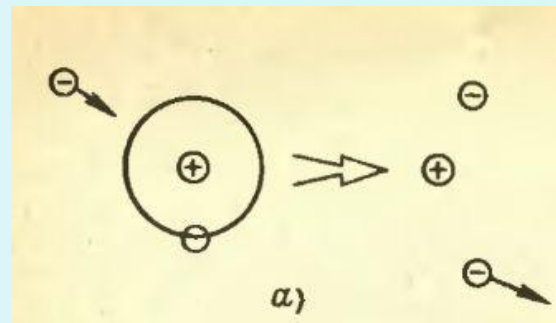
Несамостоятельная электропроводность

осуществляется за счет ионов и электронов, образующихся в результате ионизации, вызванной внешним энергетическим воздействием, таким, как космические и солнечные лучи.

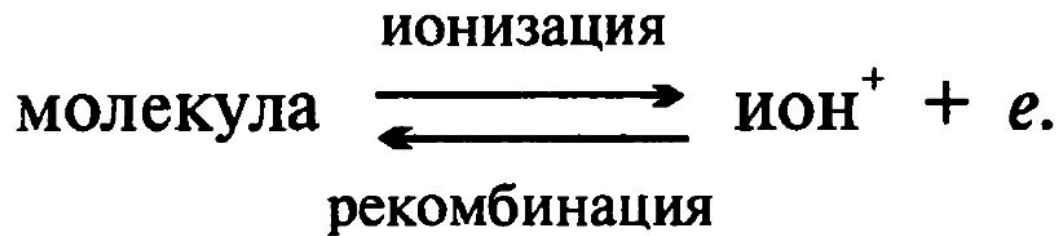
Самостоятельная электропроводность

- $J_{\text{ут}} = J_{\text{ск}} + J_{\text{абс}}$

где $J_{\text{абс}} \approx \frac{\partial D}{\partial \tau} = J_{\text{см}}$.



Ионизация – это процесс, когда под действием ионизирующего излучения (рентгеновских, космических или солнечных лучей, радиоактивного облучения и т.п.) или сильного электрического поля молекула газа теряет электрон и превращается в положительный ион.

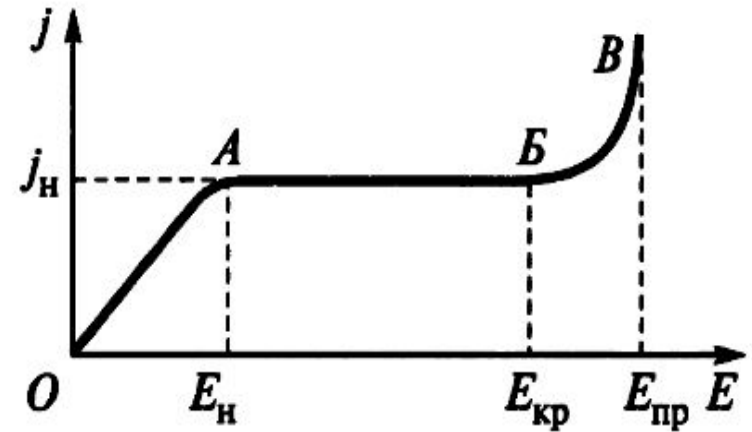


Рекомбинация - процесс, когда разноименные заряды образуют нейтральную молекулу. Рекомбинация препятствует безграничному росту концентрации ионов и электронов.

Зависимость j от E в газообразном диэлектрике

Рис. 3.5. Зависимость плотности тока j от напряженности E электрического поля газообразных диэлектриков (схематически):

OA — участок подчинения закону Ома; AB — участок тока насыщения; BV — область самостоятельной проводимости



- $J_{\text{ут}} = J_{\text{ск}} + J_{\text{абс}},$

где $J_{\text{абс}} \approx \frac{\partial D}{\partial t} = J_{\text{см}}.$

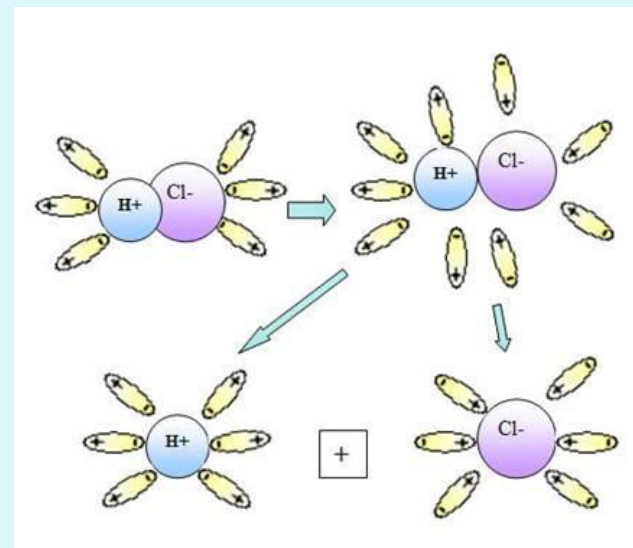
При $E_{\text{пр}}$ возникает пробой, в этом состоянии газ утрачивает свои электроизоляционные свойства.

Электропроводность жидких диэлектриков



Наблюдаются в основном **ионная** и **электрофоретическая** проводимости.

Ионная проводимость обусловлена дрейфом — направленным движением положительных и отрицательных ионов под действием приложенного электрического поля и разряжением их на электродах.



Ионы образуются в результате электролитической диссоциации (распада) ионогенных веществ (ионной примеси) под действием полярных молекул среды

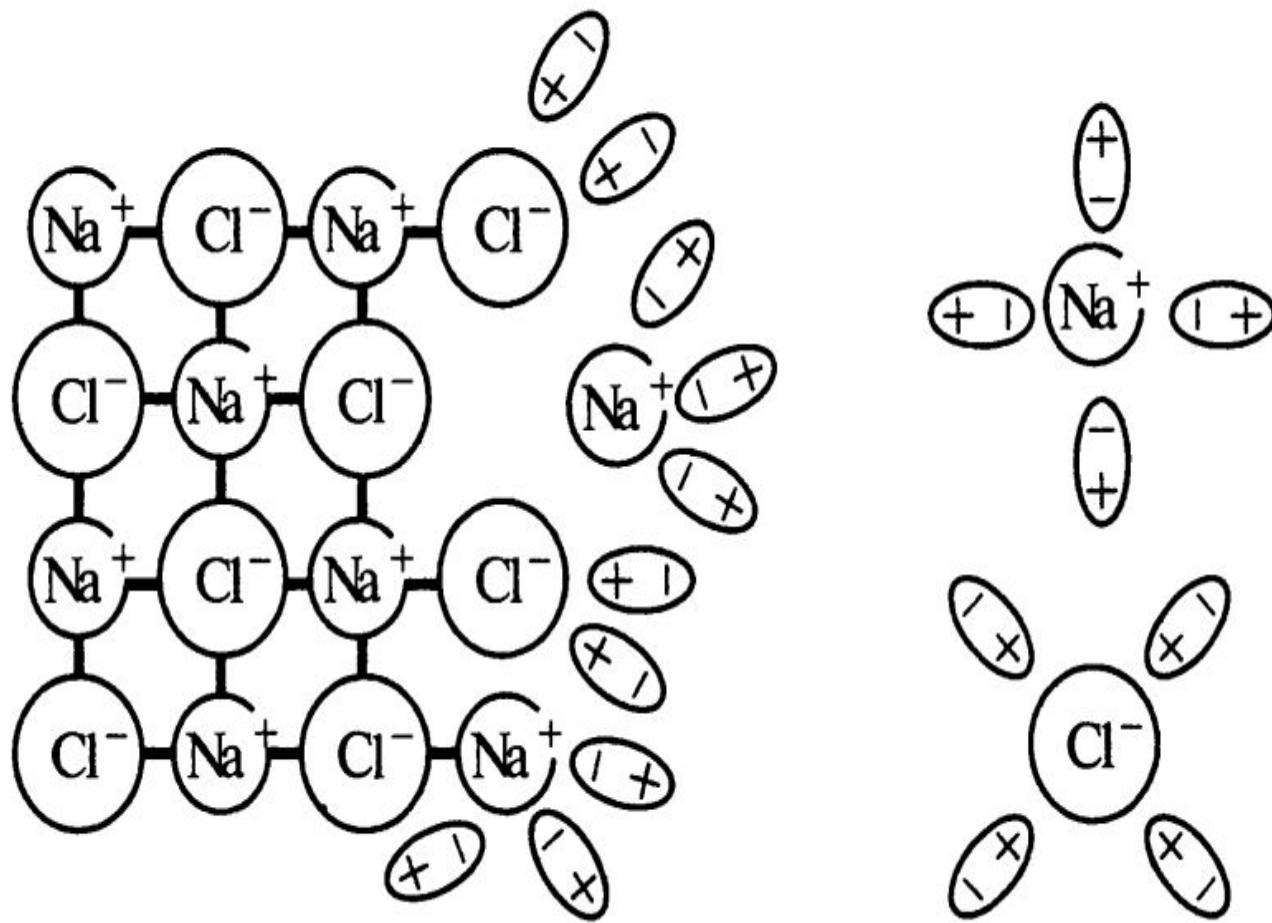


Рис. 3.6. Механизм электролитической диссоциации примеси с ионной связью

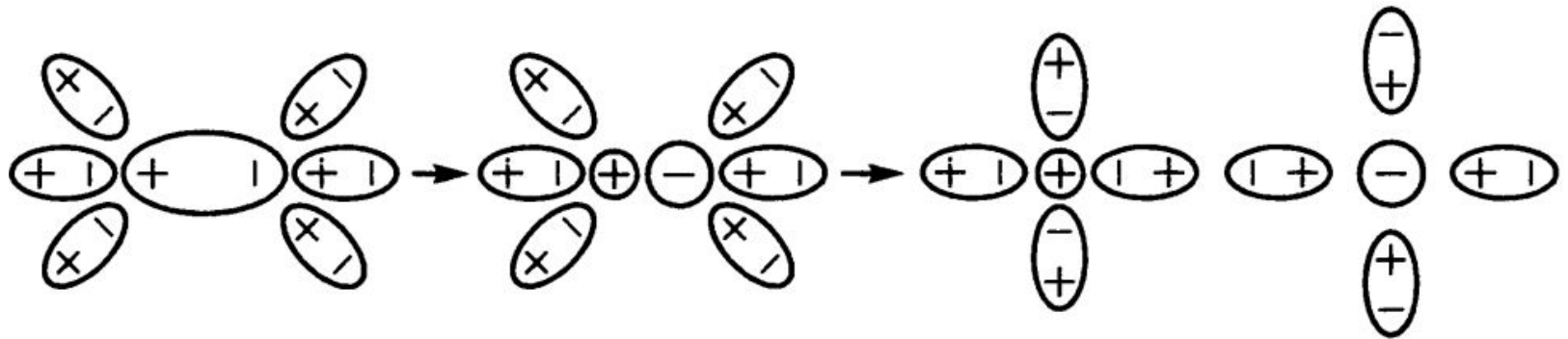


Рис. 3.7. Механизм электролитической диссоциации примеси, состоящей из свободных полярных молекул

Процесс электролитической диссоциации **обратим** и приводит к состоянию равновесия между недиссоциированными молекулами и ионами

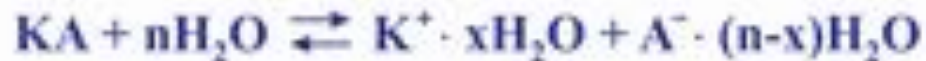


Электролитическая диссоциация происходит в отсутствие электрического поля, а ее величина - **степень диссоциации** - зависит от следующих факторов:

1) полярности (ϵ) диссоциируемой молекулы;

2) полярности (ϵ) сред;

3) температуры.



Электрофоретическая проводимость



Электрофоретическая проводимость обусловлена дрейфом (направленным движением) коллоидных частиц и части ионов диффузионного слоя и разряжением их на электродах.

Примером коллоидных систем в электротехнике являются:

Эмульсии (оба компонента – жидкости);

Суспензии (твердые частицы в жидкости);

Аэрозоли (твердые и жидкие частицы в газе).

Электропроводность жидких неполярных диэлектриков



- $J_{\text{ут}} = J_{\text{ск}} + J_{\text{абс}}$,

где $J_{\text{абс}} \approx \frac{\partial D}{\partial \tau} = J_{\text{см}}$.

- $J_{\text{ут}} = J_{\text{ск}} + J_{\text{абс}}$,

где $J_{\text{абс}} \approx \frac{\partial D}{\partial \tau} = J_{\text{см}}$.



Электропроводность жидких полярных диэлектриков



- $J_{\text{ут}} = J_{\text{ск}} + J_{\text{абс}}$,

где $J_{\text{абс}} \approx \frac{\partial D}{\partial \tau} = J_{\text{см}}$.

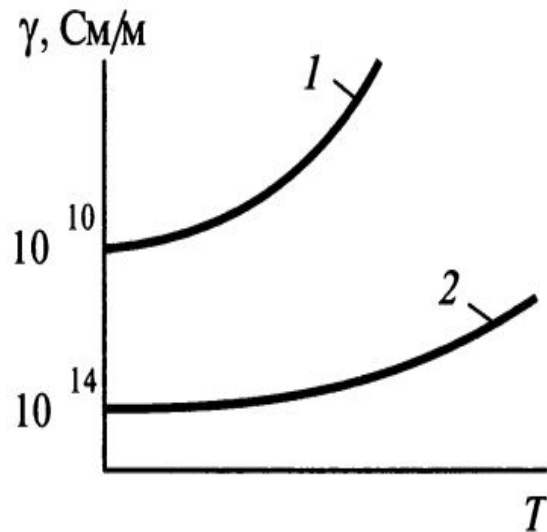


Рис. 3.4. Зависимость удельной электропроводности γ жидких полярных (1) и неполярных (2) диэлектриков от температуры T

Таблица 2-1

Удельное объемное сопротивление и диэлектрическая проницаемость
некоторых жидкостей при температуре 20 °С

| Жидкость | Особенности строения | ρ , Ом·м | ϵ_r |
|----------------------------------|----------------------|-------------------|--------------|
| Бензол | Неполярная | $10^{11}—10^{12}$ | 2,2 |
| Трансформаторное масло | | $10^{10}—10^{13}$ | 2,3 |
| Бензин | | | 2,0 |
| Совол | Полярная | $10^8—10^{10}$ | 4,5 |
| Касторовое масло | | | 4,6 |
| Ацетон | Сильнополярная | $10^4—10^5$ | 22,0 |
| Этиловый спирт | | | 33,0 |
| Дистиллированная вода | | | $10^3—10^4$ |

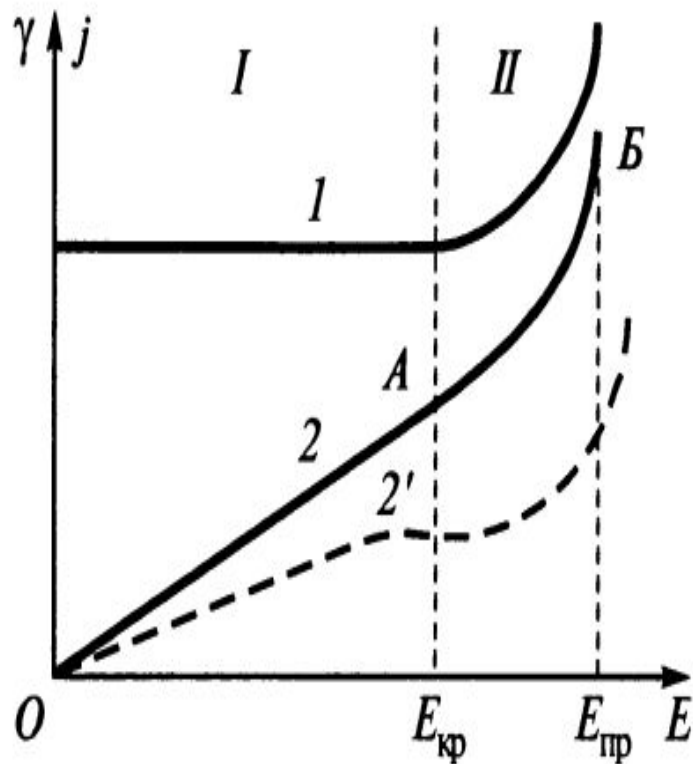


Рис. 3.9. Зависимость удельной электропроводности γ (*I*) и плотности тока j (*2, 2'*) жидких диэлектриков от напряженности E электрического поля: *2'* — $j(E)$ для очень чистого диэлектрика; *I* — слабое поле; *II* — сильное поле

Электропроводность твердых диэлектриков

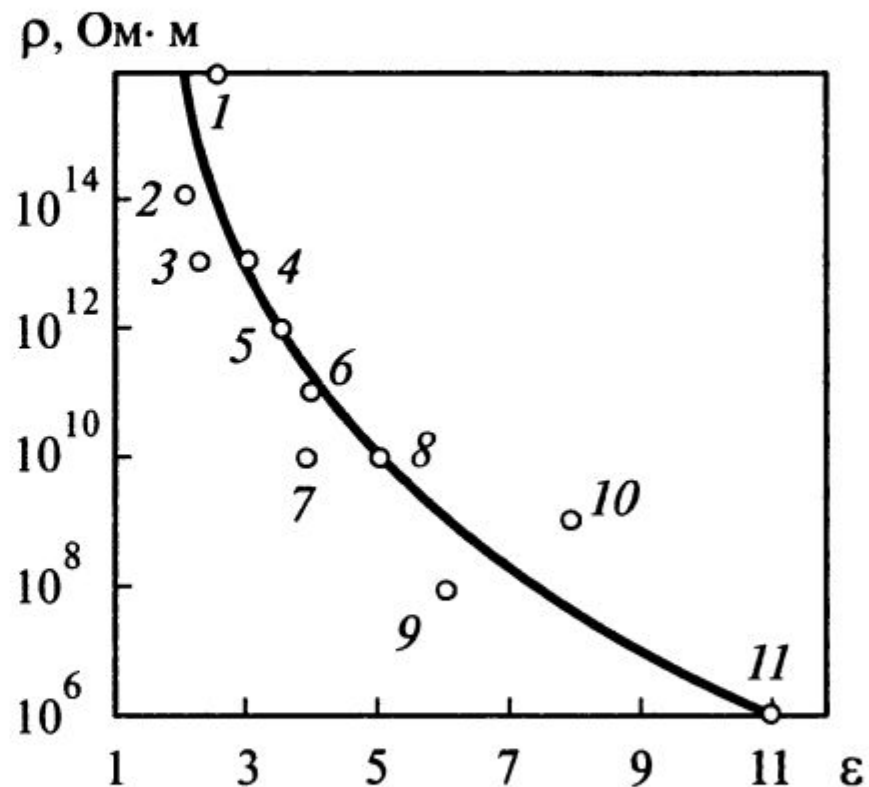


- $J_{\text{ут}} = J_{\text{ск}} + J_{\text{абс}},$

где $J_{\text{абс}} \approx \frac{\partial D}{\partial \tau} = J_{\text{см}}.$

Рис. 3.10. Связь значений ρ и ϵ для различных диэлектриков:

1 — полистирол; 2 — политетрафторэтилен;
3 — полиэтилен; 4 — полиметилметакрилат;
5 — кремнийорганическая резина; 6 — полиамид;
7 — этилцеллюлоза; 8 — фенолформальдегидная смола; 9 — эбонит; 10 — микалекс; 11 — натрийбутадиеновая резина



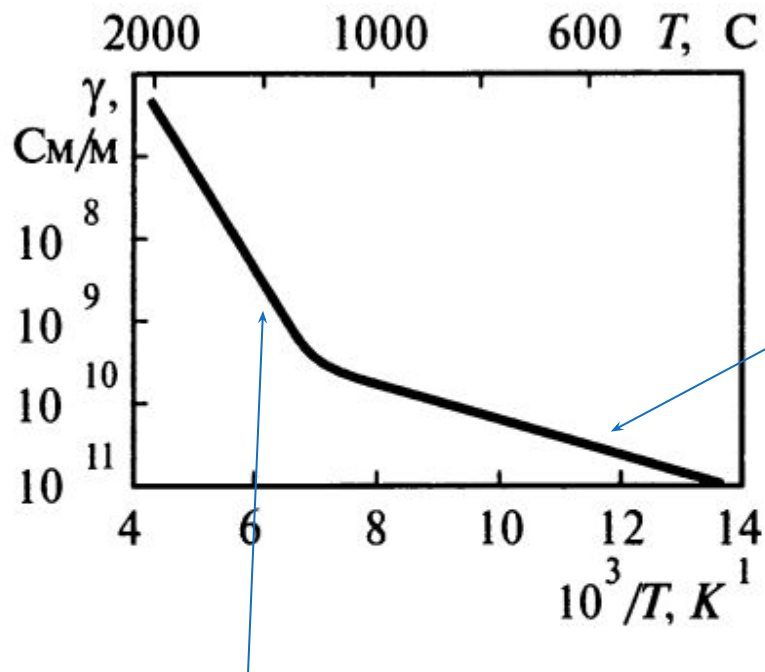


Рис. 3.11. Зависимость удельной электропроводности γ диэлектрика ионного строения — алюминоксида (алунда) от обратной температуры $1/T$

Область низкотемпературной или примесной проводимости.

Область высокотемпературной или собственной проводимости, обусловленная в основном дрейфом собственных свободных ионов и вакансий.



Рис. 3.12. Зависимость удельной электропроводности γ (1, 2) и плотности тока j (3) твердого диэлектрика от напряженности E электрического поля:

I — слабое электрическое поле, II — сильное

