

***Тема: «Проводники и
диэлектрики в
электрическом поле»***

Давайте вспомним!

- Что такое электрическое поле?
- Назовите основные свойства электростатического поля.
- Чем порождается электрическое поле?
- Что называется напряжённостью электрического поля?
- Какое электрическое поле называется однородным?
- Как можно получить однородное электрическое поле?
- Как направлены силовые линии однородного электрического поля?
- Как рассчитать напряжённость электрического поля, созданного точечным зарядом?



Определите, как направлен результирующий вектор напряженности электрического поля двух равных по модулю зарядов в указанных точках.



Проводники и диэлектрики

По электрическим свойствам (уровню подвижности
заряженных частиц)

вещества



деление



проводники



полупроводники



диэлектрики

вещества по проводимости

проводники

это вещества, которые
проводят
электрический ток



есть свободные
заряды

диэлектрики

это вещества, которые
не проводят
электрический ток



нет свободных
зарядов

Проводники и диэлектрики

Проводники



все металлы

Имеются заряженные частицы (заряды частиц = свободные заряды)

Способные перемещаться внутри проводника под действием электрического поля

Диэлектрики



Состоят из нейтральных в целом атомов или молекул

Заряженные частицы связаны друг с другом и не могут перемещаться под действием поля по всему объему тела



Проводники и диэлектрики

Свободные заряды – заряженные частицы одного знака, способные перемещаться под действием электрического поля

Не могут возникнуть, если энергия связи электрона со своим атомом велика по сравнению с энергией взаимодействия с соседними атомами вещества



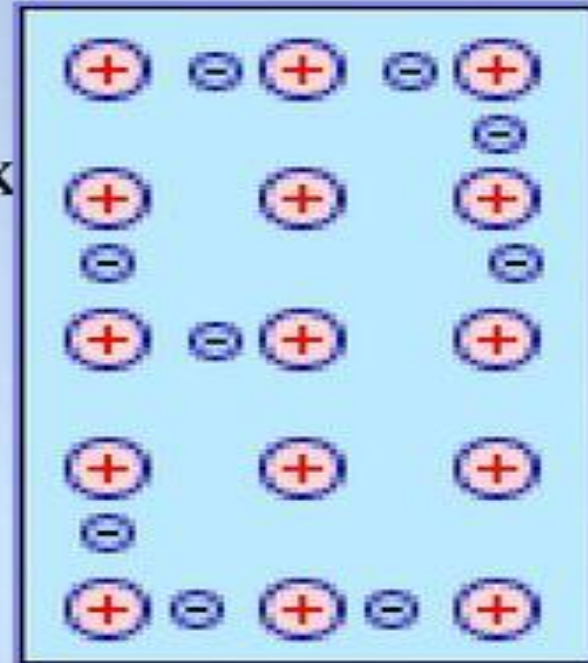
СВЯЗАННЫЕ ЗАРЯДЫ

H 1 Водород											He 2 Гелий		
Li 3 Литий	Be 4 Бериллий	B 5 Бор	C 6 Углерод	N 7 Азот	O 8 Кислород	F 9 Фтор						Ne 10 Неон	
Na 11 Натрий	Mg 12 Магний	Al 13 Алюминий	Si 14 Кремний	P 15 Фосфор	S 16 Сера	Cl 17 Хлор						Ar 18 Аргон	
K 19 Калий	Ca 20 Кальций	Sc 21 Скандий	Ti 22 Титан	V 23 Ванадий	Cr 24 Хром	Mn 25 Марганец	Fe 26 Железо	Co 27 Кобальт	Ni 28 Никель				
Cu 29 Медь	Zn 30 Цинк	Ga 31 Галлий	Ge 32 Германий	As 33 Мышьяк	Se 34 Селен	Br 35 Бром						Kr 36 Криптон	
Rb 37 Рубидий	Sr 38 Стронций	Y 39 Иттрий	Zr 40 Цирконий	Nb 41 Ниобий	Mo 42 Молибден	Tc 43 Технеций	Ru 44 Рутений	Rh 45 Родий	Pd 46 Палладий				
Ag 47 Серебро	Cd 48 Кадмий	In 49 Индий	Sn 50 Олово	Sb 51 Сурьма	Te 52 Теллур	I 53 Иод						Xe 54 Ксенон	
Cs 55 Цезий	Ba 56 Барий	La 57 Лантан	Hf 72 Гафний	Ta 73 Тантал	W 74 Вольфрам	Re 75 Рений	Os 76 Осмий	Ir 77 Иридий	Pt 78 Платина				
Au 79 Золото	Hg 80 Ртуть	Tl 81 Таллий	Pb 82 Свинец	Bi 83 Висмут	Po 84 Полоний	At 85 Астат						Rn 86 Радон	
Fr 87 Франций	Ra 88 Радий	Ac 89 Актиний	Rf 104 Резерфордий	Db 105 Дубний	Sg 106 Сиборговий	Bh 107 Борий	Hs 108 Хассий	Mt 109 Мейтнерий	Ds 110 Дармштадтий	Rg 111 Рентгений			
Ce 58 Церий	Pr 59 Прозерим	Nd 60 Неодим	Pm 61 Прометий	Sm 62 Самарий	Eu 63 Европий	Gd 64 Гадолиний	Tb 65 Тербий	Dy 66 Диспрозий	Ho 67 Гольмий	Er 68 Эрбий	Tm 69 Тулий	Yb 70 Иттербий	Lu 71 Лютеций
Th 90 Торий	Pa 91 Протактиний	U 92 Уран	Np 93 Нептуний	Pu 94 Плутоний	Am 95 Америций	Cm 96 Кюрий	Bk 97 Берклий	Cf 98 Калифорний	Es 99 Энштейний	Fm 100 Фермий	Md 101 Менделеев	No 102 Нобелий	Lr 103 Лоренсий

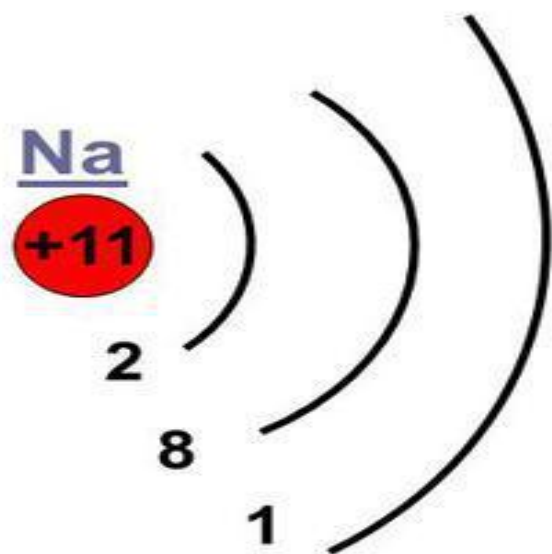


Проводники

Проводниками называются такие материалы, в которых имеются свободные носители электрических зарядов.



Строение металлов



Последний электрон слабо притягивается к ядру т.к.:

1. далеко от ядра
2. 10 электронов отталкивают одиннадцатый

Вывод:

последний электрон отрывается от ядра и становится **СВОБОДНЫМ**

Проводники и диэлектрики

ПРОВОДНИК

- вещество, в котором свободные заряды могут перемещаться по всему объему

металлы

Тело человека

растворы солей,
кислот, щелочей

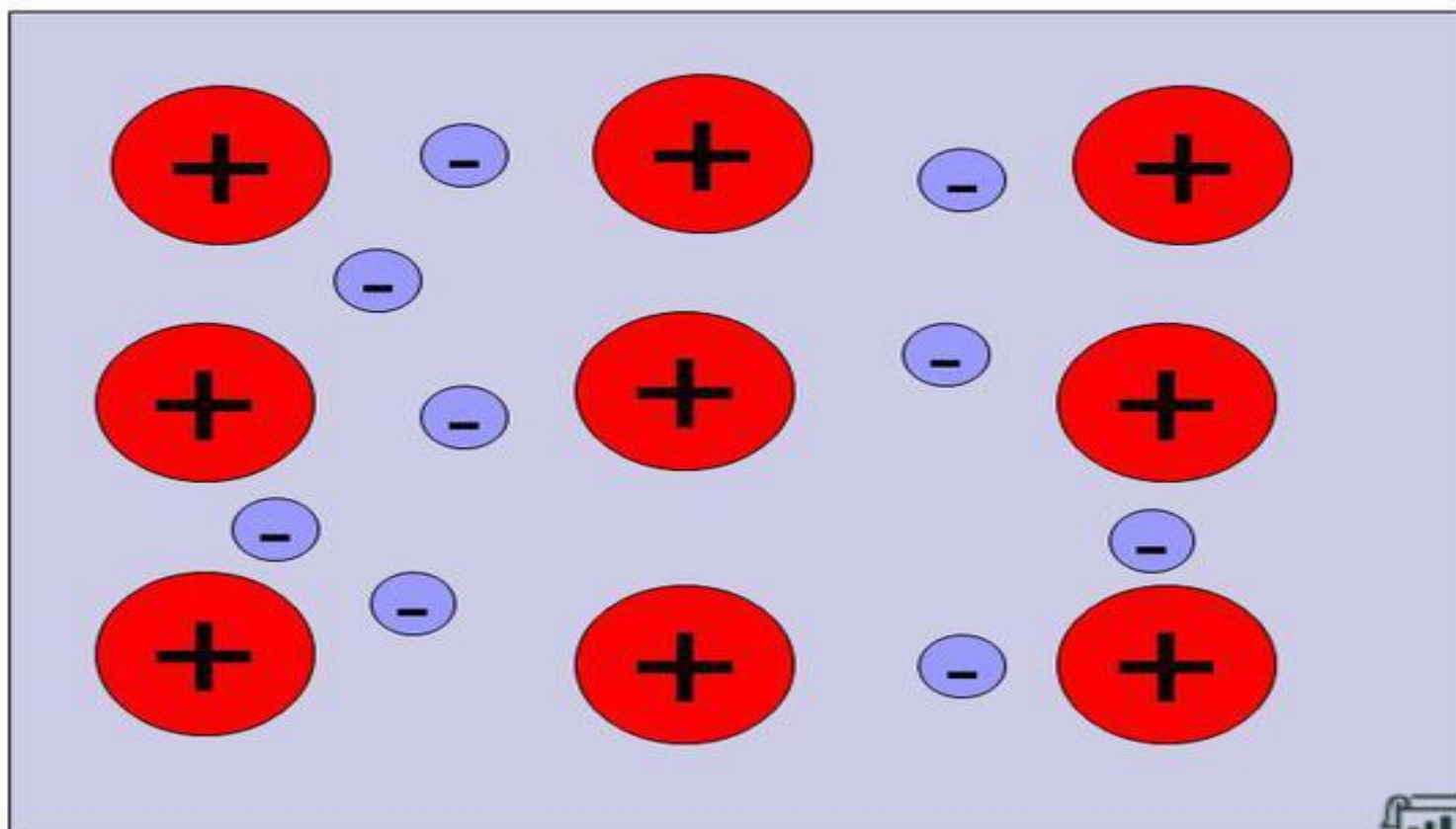
плазма

Влажный
воздух



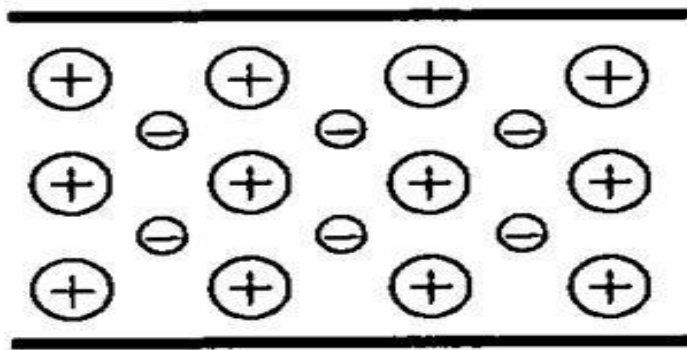
MyShared

Строение металлов



Проводники

В металлах носители свободных зарядов = электроны



При образовании металла из нейтральных атомов

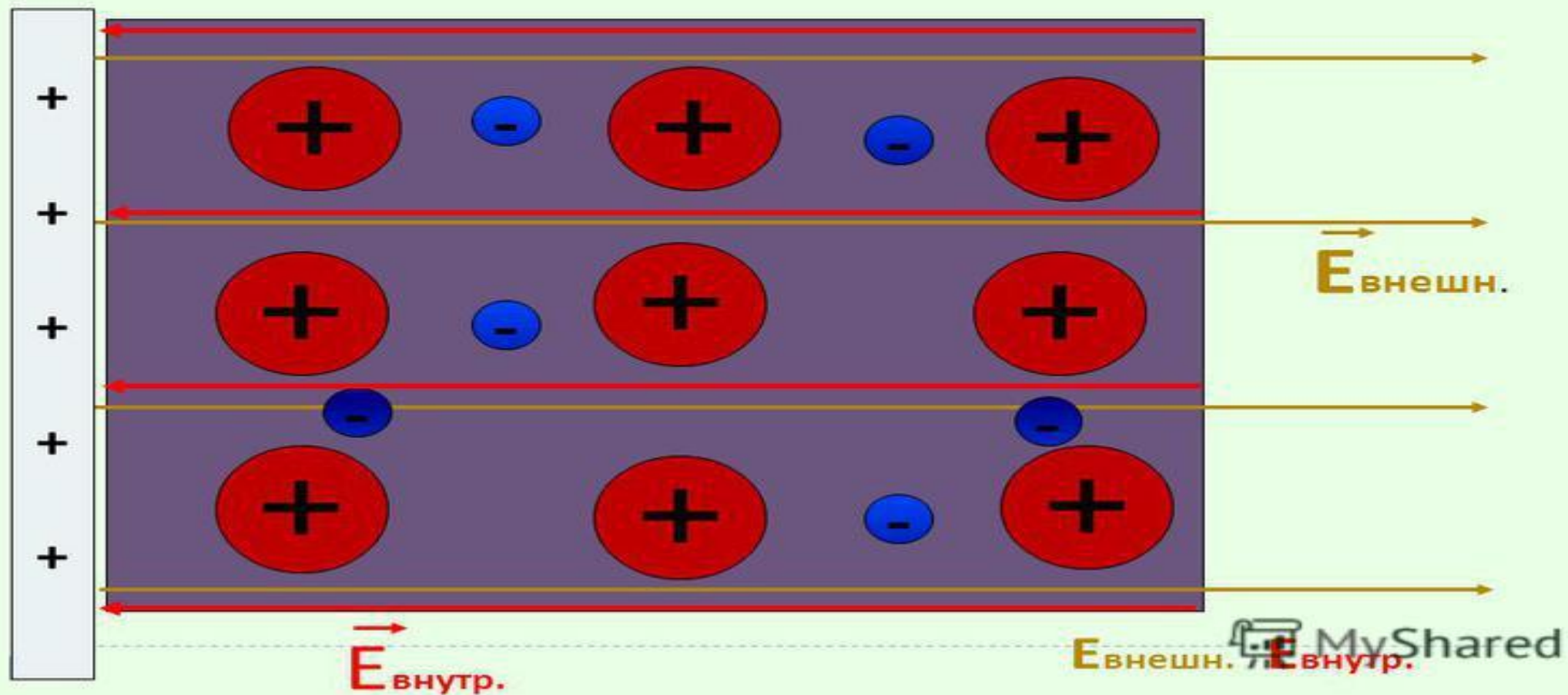


атомы взаимодействуют друг с другом

электроны внешних оболочек атомов полностью утрачивают связи со своими атомами и становятся собственностью всего проводника в целом

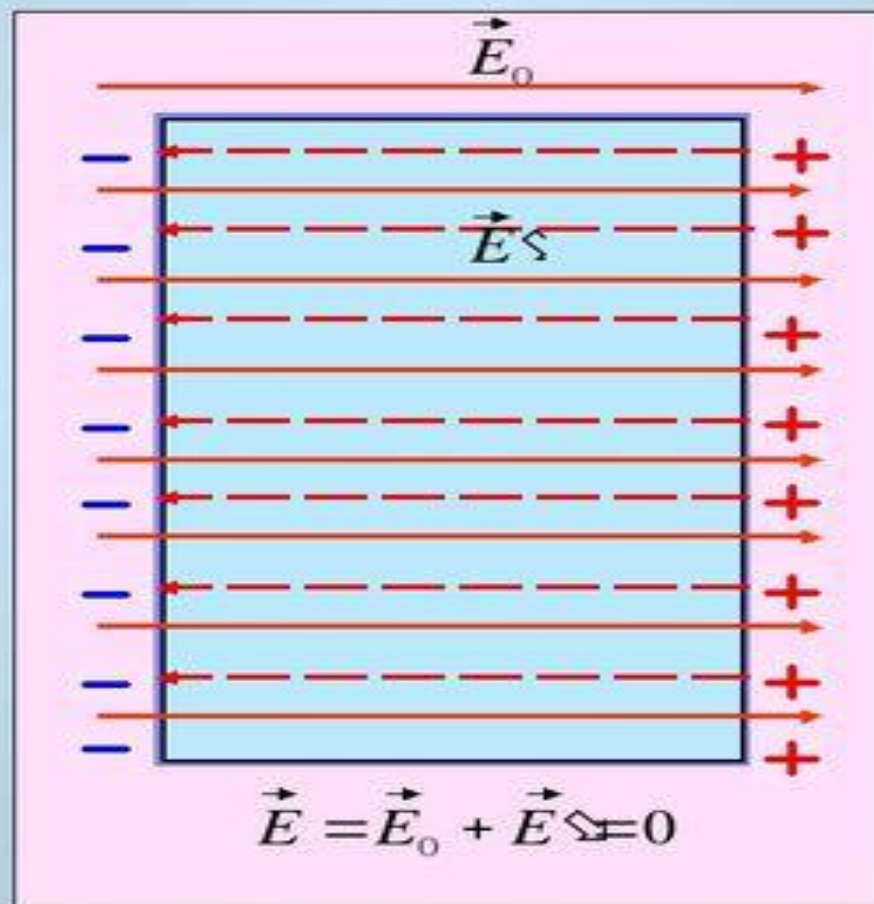
положительные ионы окружены отрицательно заряженным газом из электронов (взаимодействие кулоновское)

Металлический проводник в электростатическом поле

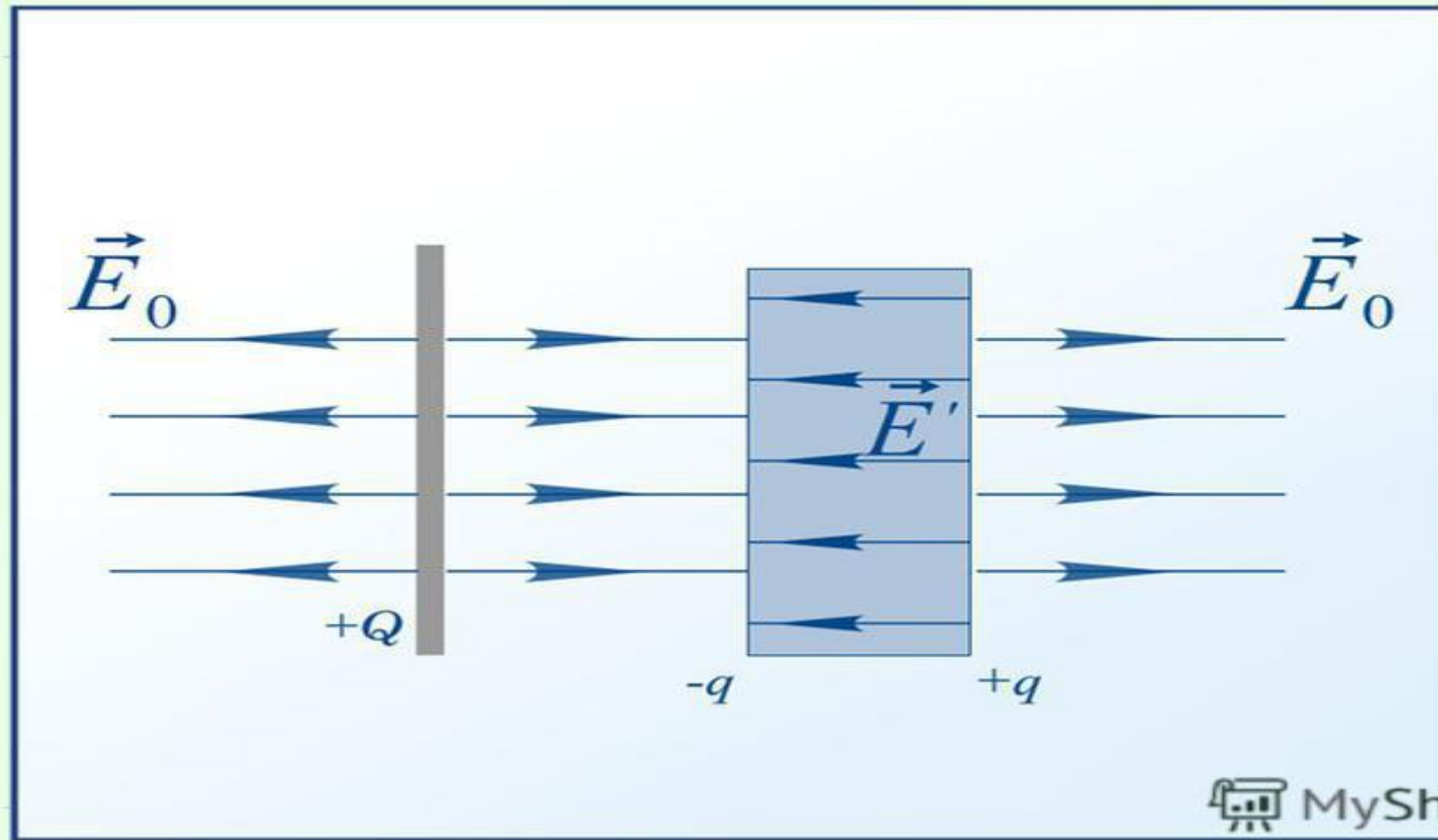


Заряд внутри проводника

По принципу суперпозиции полей напряжённость внутри проводника равна нулю. Следовательно, поток напряженности через любую замкнутую поверхность внутри проводника равен нулю. Значит, и заряд внутри этой поверхности равен нулю.



1. Электростатического поля внутри проводника нет



Металлический проводник в электростатическом поле

$$E_{\text{внешн.}} = E_{\text{внутр.}} \longrightarrow E_{\text{общ}} = 0$$

ВЫВОД:

Внутри проводника электрического поля нет.

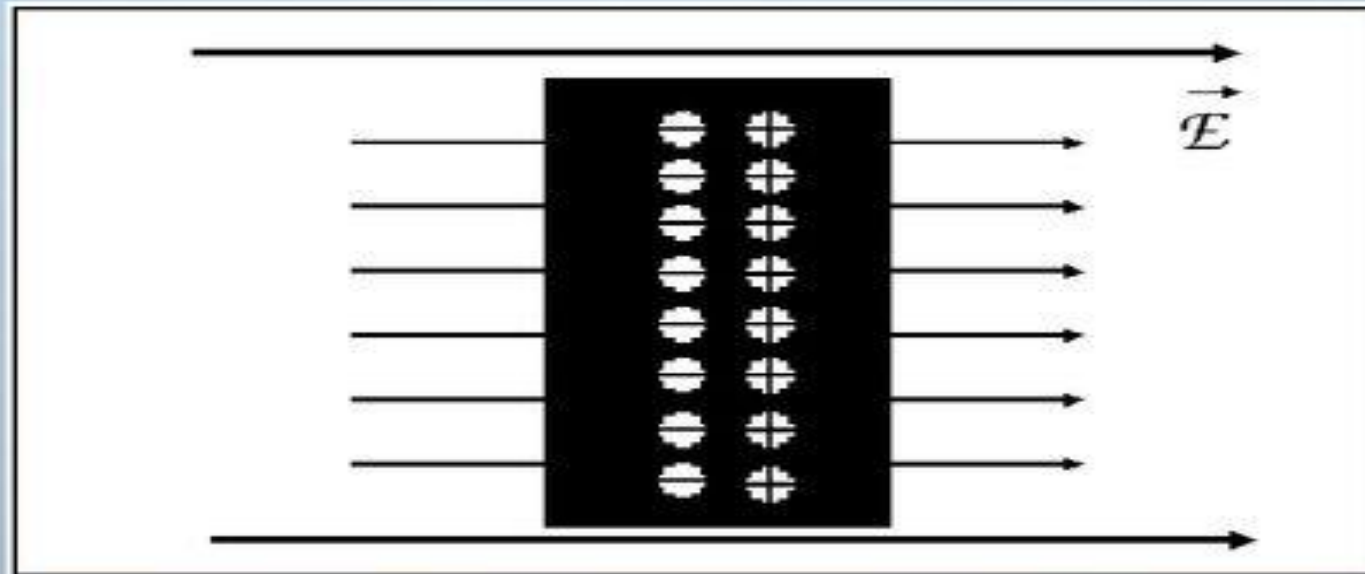
Весь статический заряд проводника сосредоточен на его поверхности.

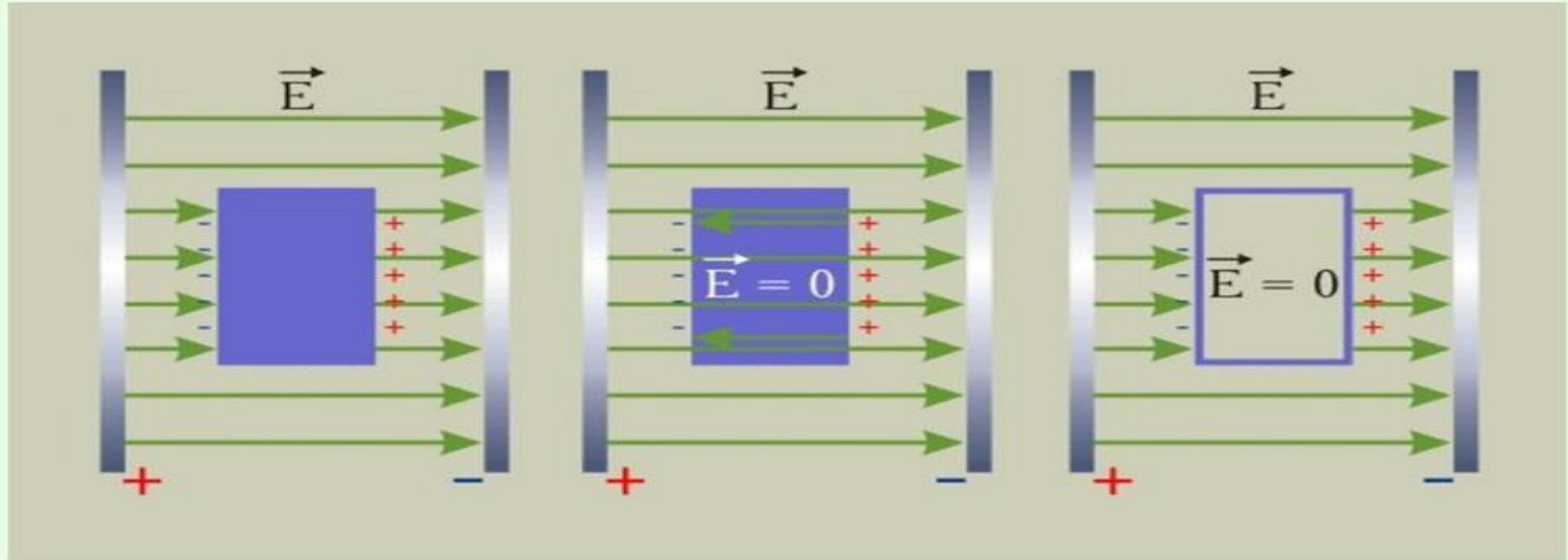
Проводники



Электростатическая индукция

Явление разделения разноимённых зарядов в проводнике, помещённом в электрическое поле, называется электростатической индукцией.





Проводники

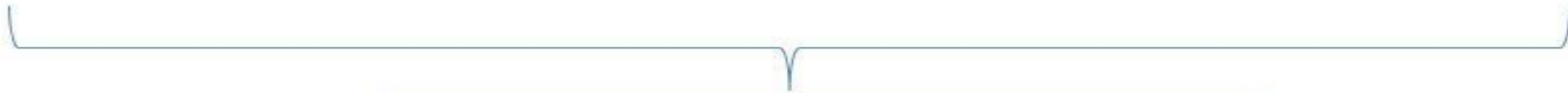
ПРОВОДНИК



заряженный

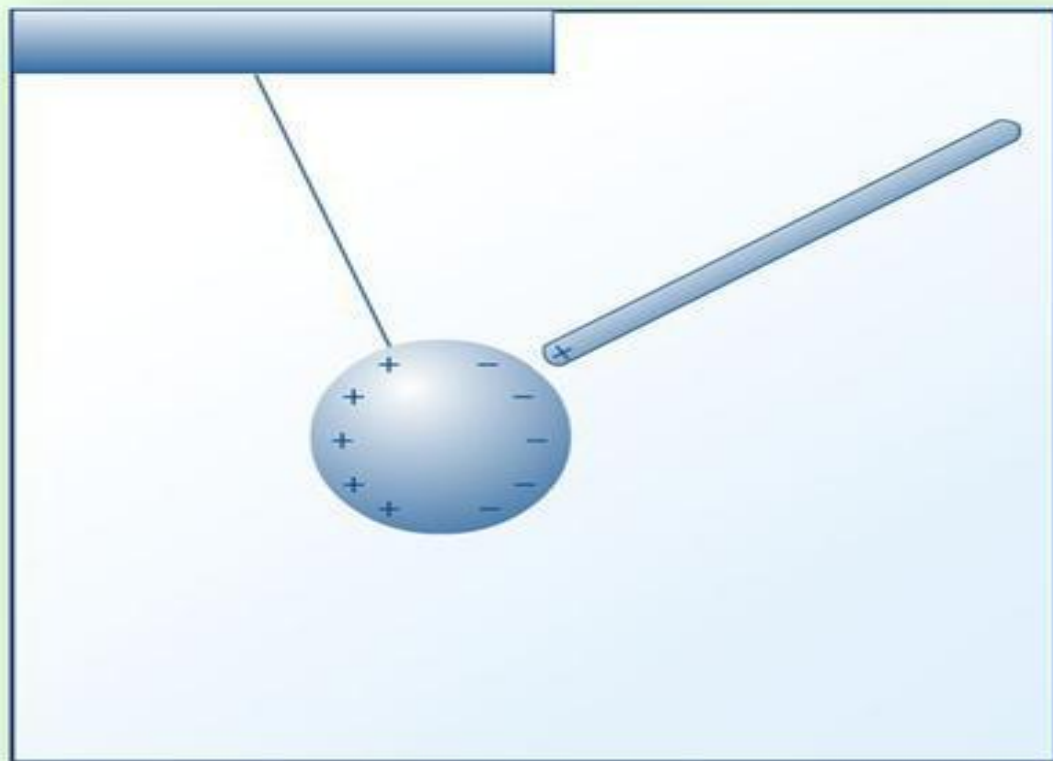


незаряженный,
помещенный во внешнее
электрическое поле



ВНУТРИ
 $E = 0$
(поле отсутствует)

2. Электростатическая индукция



Металлический шарик является проводником. Поэтому электроны в нем свободно перемещаются.

Поле наэлектризованной палочки вызывает распределение электронов в незаряженном шарике, так что центр отрицательного заряда свободных электронов смещается относительно геометрического центра шарика. В результате палочка притягивает шарик.

После прикосновения к палочке шарик заряжается одноименно с ней, и возникает отталкивание.

Поведение шарика не зависит от знака заряда на палочке



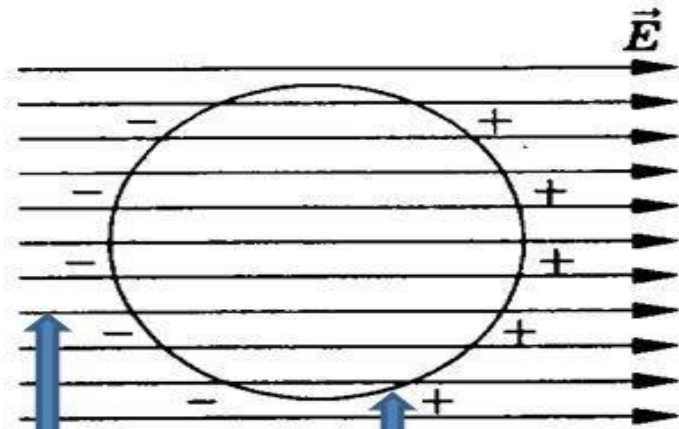
**ЯВЛЕНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ СВОБОДНЫХ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ЗАРЯДОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ПРОВОДНИКА,
ПОМЕЩЕННОГО ВО ВНЕШНЕЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ
ПОЛЕ, НАЗЫВАЕТСЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ
ИНДУКЦИЕЙ.**

**ВОЗНИКШИЕ НА ПОВЕРХНОСТИ
ПРОВОДНИКА ЗАРЯДЫ НАЗЫВАЮТСЯ
ИНДУЦИРОВАННЫМИ ЗАРЯДАМИ**



Проводники

уничтожение электростатического поля в проводнике



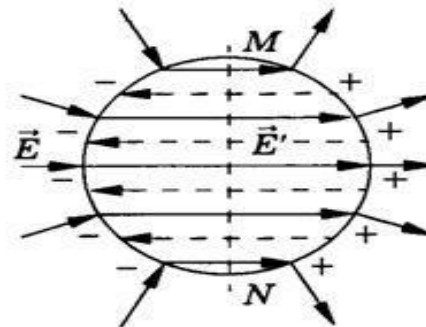
Электрическое поле

Проводящий шар

Сначала возникнет электрический ток, так как поле внутри шара вызывает перемещение электронов



Части шара заряжаются по-разному:
Левая – отрицательно; Правая – положительно
(явление электростатической индукции)



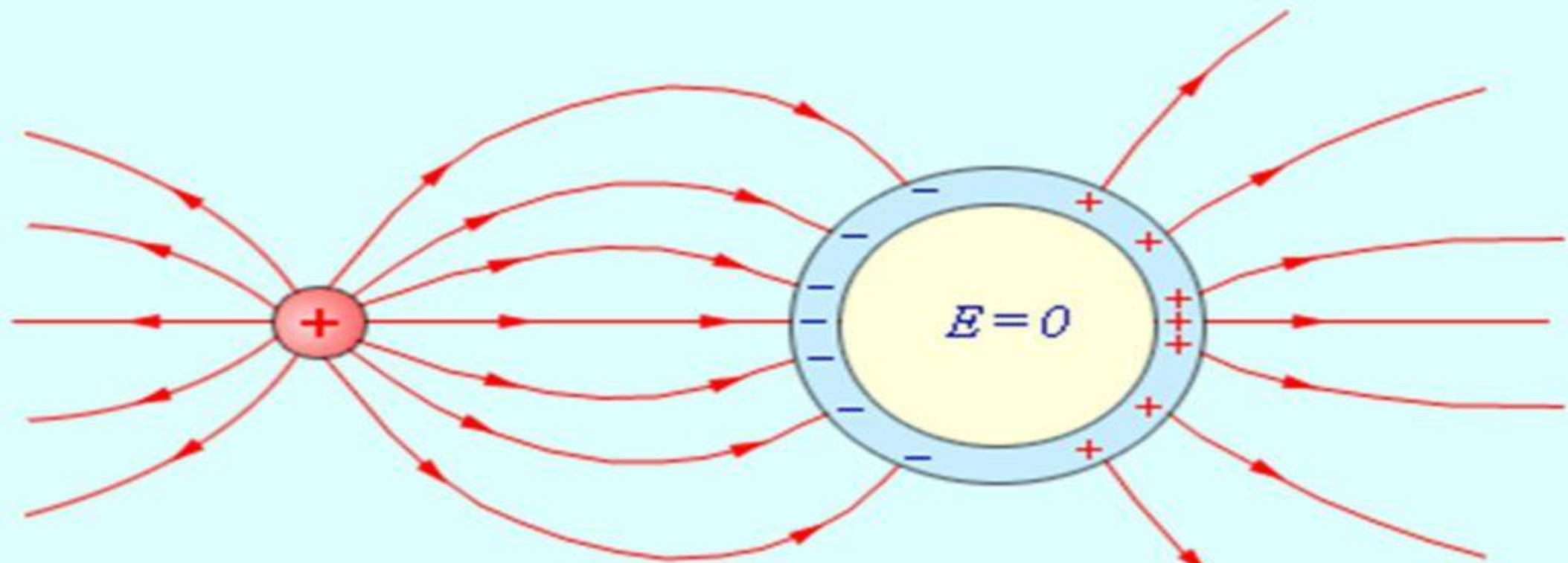
Эти заряды на поверхности проводника создают электрическое поле, которое накладывается на внешнее поле и компенсирует его

3. Внутри проводника электрический заряд отсутствует; весь заряд проводника, полученный им при электризации, может располагаться только на его поверхности

4. Напряженность электростатического поля на внешней поверхности проводника направлена перпендикулярно к этой поверхности

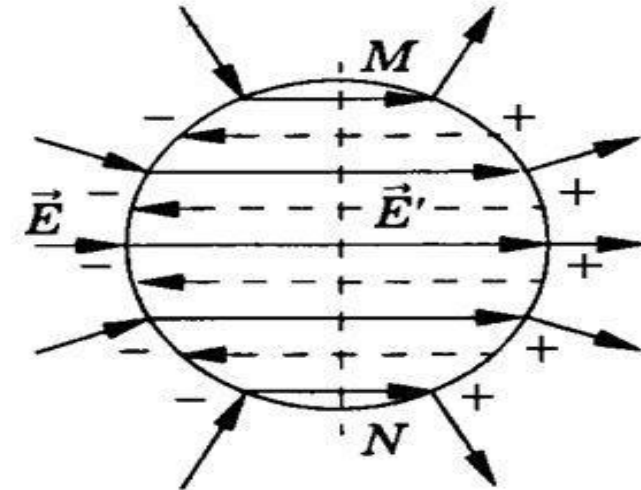
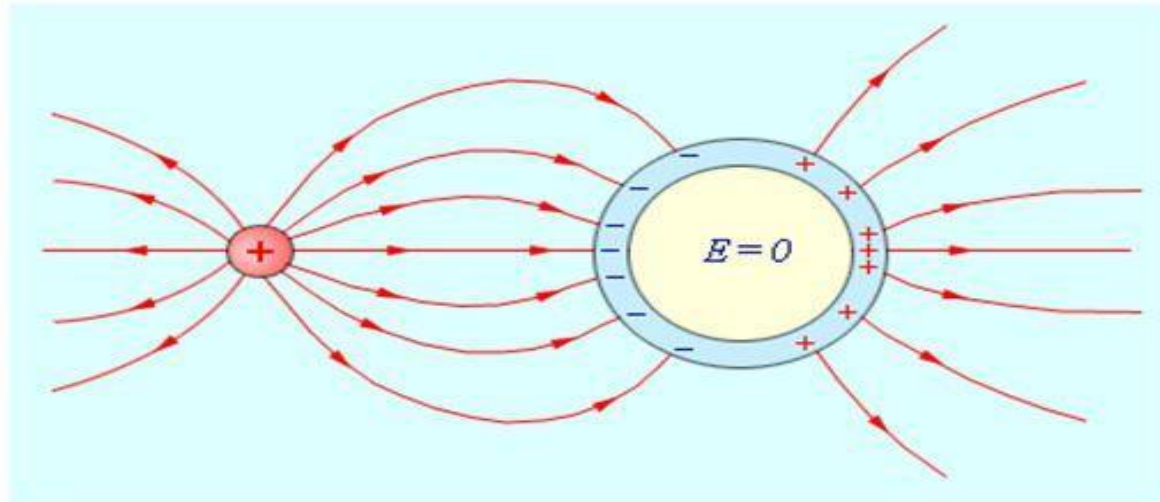
(Если напряженность электрического поля будет направлена под углом к поверхности проводника, то под действием составляющей этого поля, параллельной поверхности, заряды двигались бы непрерывно, что противоречит закону сохранения энергии)





Проводники

уничтожение электростатического поля в проводнике



Линии электростатического поля вне проводника перпендикулярны его поверхности – иначе по поверхности бы протекал электрический ток

Когда металлический проводник вносится в электрическое поле, то происходит следующее :

1.Свободные электрические заряды перераспределяются таким образом, что напряженность электрического поля внутри проводника становится равным нулю.

2.Внутри проводника нет свободных электрических зарядов,они располагаются только на внешней поверхности проводника.

(если бы заряды были внутри проводника, то напряженность поля внутри проводника не равнялась бы нулю.)

3.Поверхность проводника, помещенного в электростатическое поле, является эквипотенциальной поверхностью, потому что силовые линии внешнего электрического поля вблизи проводника перпендикулярны поверхности проводника.

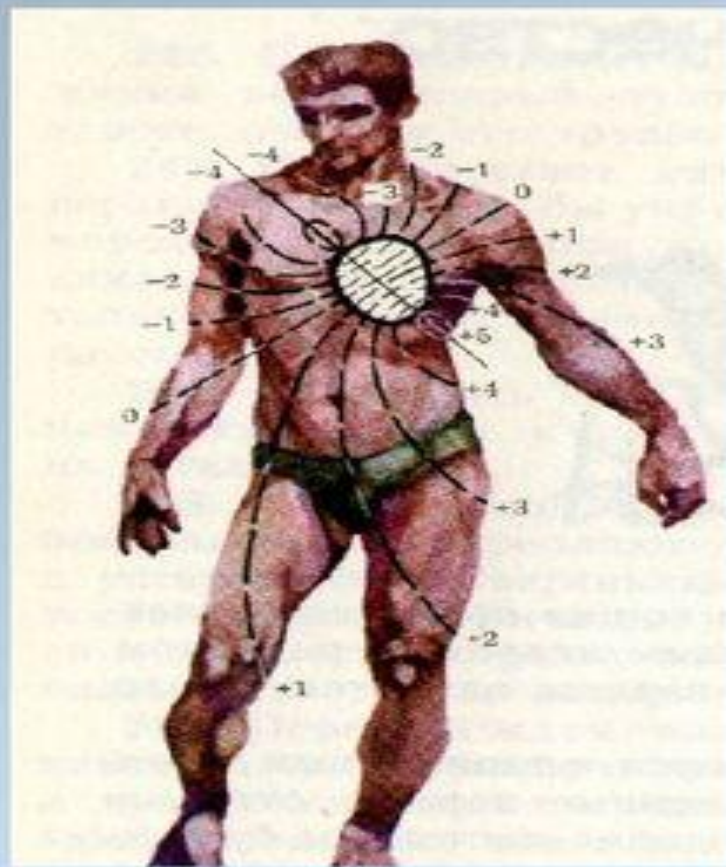
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА –

помещение электроизмерительных приборов, чувствительных к электрическому полю, внутрь замкнутой проводящей (металлической) оболочки для защиты от внешнего электрического поля.



1. Электроскоп
2. Амперметр
3. Вольтметр

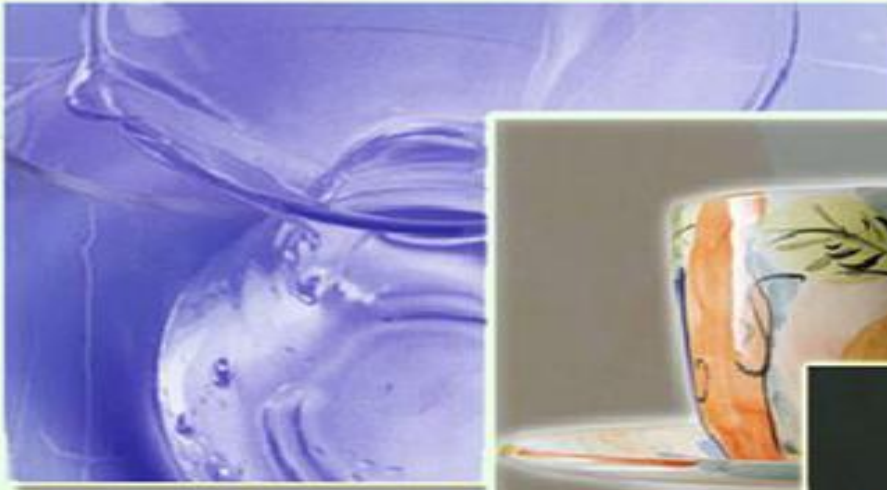
Эквипотенциальные поверхности



В электрическом поле поверхность проводящего тела любой формы является эквипотенциальной поверхностью.

Примерный ход эквипотенциальных поверхностей для определённого момента возбуждения сердца показан на рисунке.

Пунктирные линии обозначают эквипотенциальные поверхности, цифры около них – величину потенциала в милливольтгах.

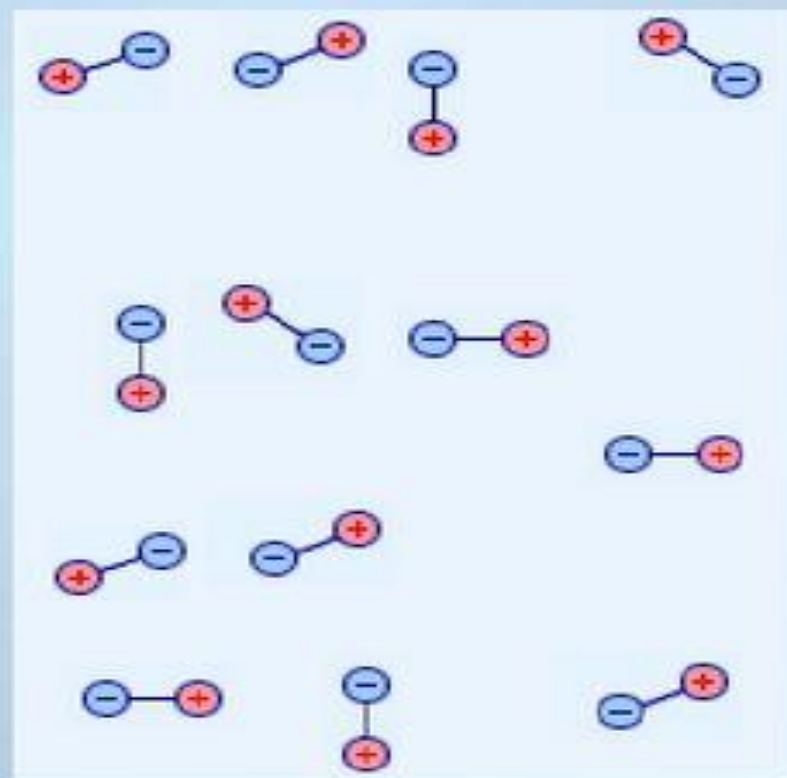


Вещества, в атомах которых все электроны прочно связаны с ядром, называются диэлектриками (изоляторами). Резина, фарфор, стекло, газы, различные синтетические материалы являются хорошими изоляторами.

Диэлектрики

Диэлектриками называются материалы, в которых нет свободных электрических зарядов.

Существует три вида диэлектриков: полярные, неполярные и сегнетоэлектрики.



Диэлектрики

- вещество, содержащее только связанные заряды

Диэлектрики в электростатическом поле

Диэлектрики – это вещества, не содержащие свободных заряженных частиц.



Полярные
(вода, спирты,
аммиак) –

электрические диполи,
совокупность 2-х
разноименных точечных
зарядов

Неполярные
(инертные газы,
водород, кислород) –
центры положительных и
отрицательных зарядов
совпадают



Диэлектрики

- Диэлектрики - это вещества, не содержащие свободных заряженных частиц, т.е. таких заряженных частиц, которые способны свободно перемещаться по всему объему тела. Поэтому *диэлектрики не могут проводить электрический ток.*
- Диэлектриками являются многие твердые тела (фарфор, янтарь, эбонит, стекло, кварц, мрамор и др.), некоторые жидкости (например, дистиллированная вода) и все газы.
- По внутреннему строению диэлектрики разделяются на полярные и неполярные.

Диэлектрики

СВЯЗАННЫЕ ЗАРЯДЫ



- разноименные заряды, входящие в состав атомов (или молекул), которые не могут перемещаться под действием электрического поля независимо друг от друга



Диэлектрики

ДИЭЛЕКТРИКИ

ГАЗЫ

НЕКОТОРЫЕ
ЖИДКОСТИ

НЕКОТОРЫЕ
ТВЕРДЫЕ ТЕЛА

дистиллированная вода,
бензол

Стекло, фарфор, слюда

Строение диэлектрика

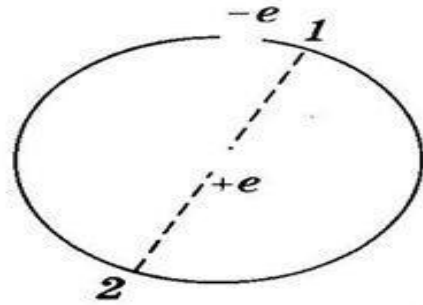


Рис. 14.17

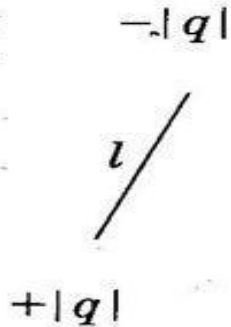
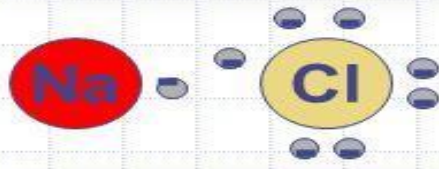
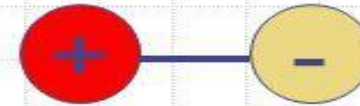


Рис. 14.19

Строение молекулы поваренной соли

NaCl

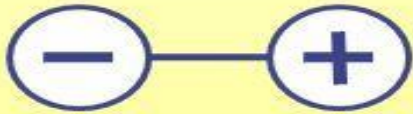


Электрический диполь - совокупность двух точечных зарядов, равных по модулю и противоположных по знаку.

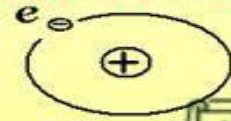
ДИЭЛЕКТРИКИ

ПОЛЯРНЫЕ,
состоящие из таких
молекул, у которых
центры распределения
положительных и
отрицательных зарядов
не совпадают

поваренная соль, спирты,
вода и др.



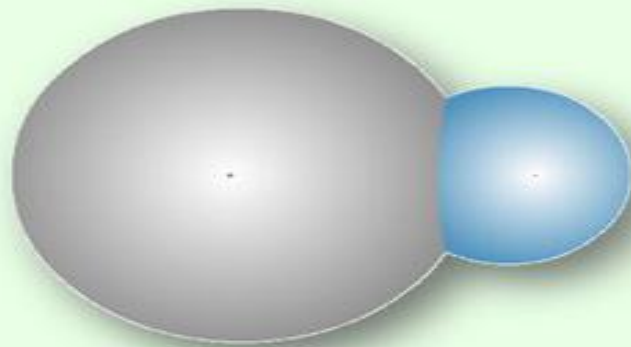
НЕПОЛЯРНЫЕ,
состоящие из атомов
или молекул, у
которых центры
распределения
положительных и
отрицательных
зарядов совпадают
инертные газы, O₂,
H₂, бензол,
полиэтилен и др.



В диэлектрике разделение зарядов не происходит, так как в нём нет свободных зарядов.



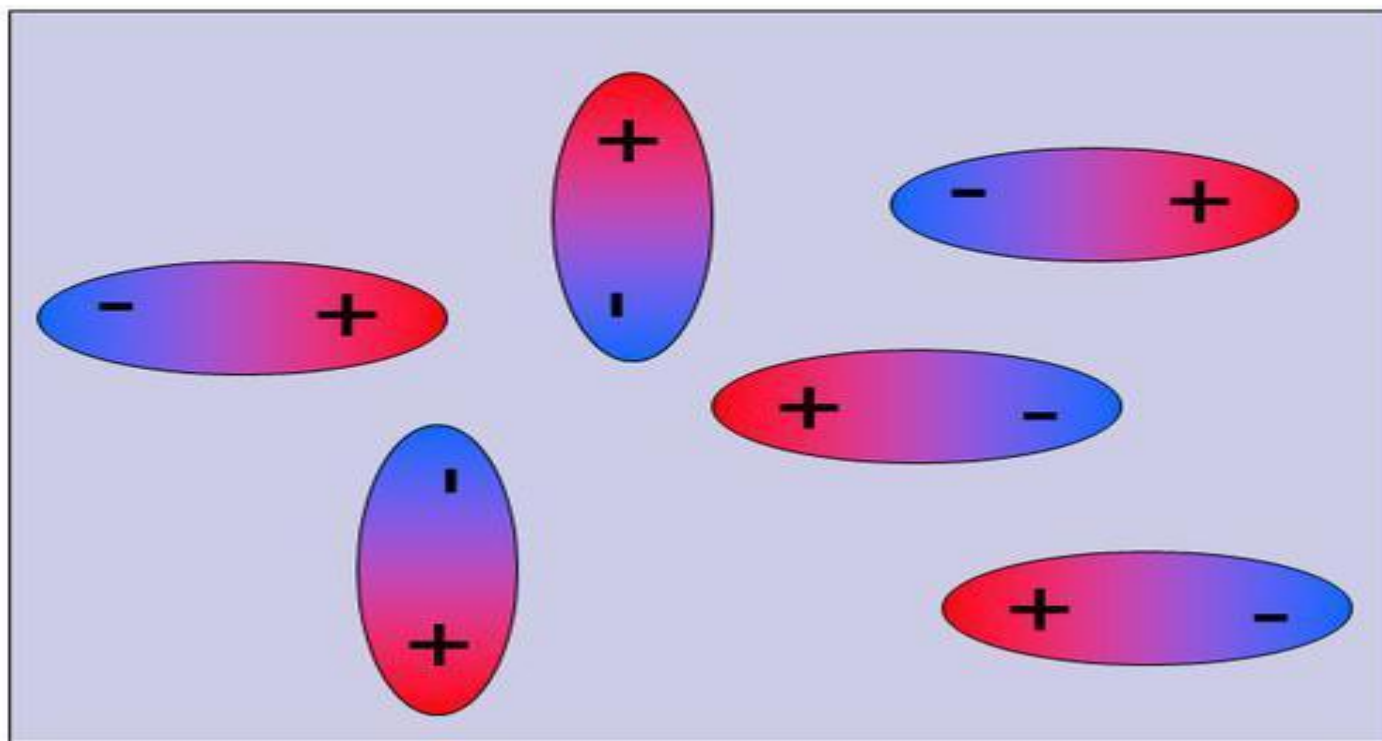
Поляризация диэлектриков



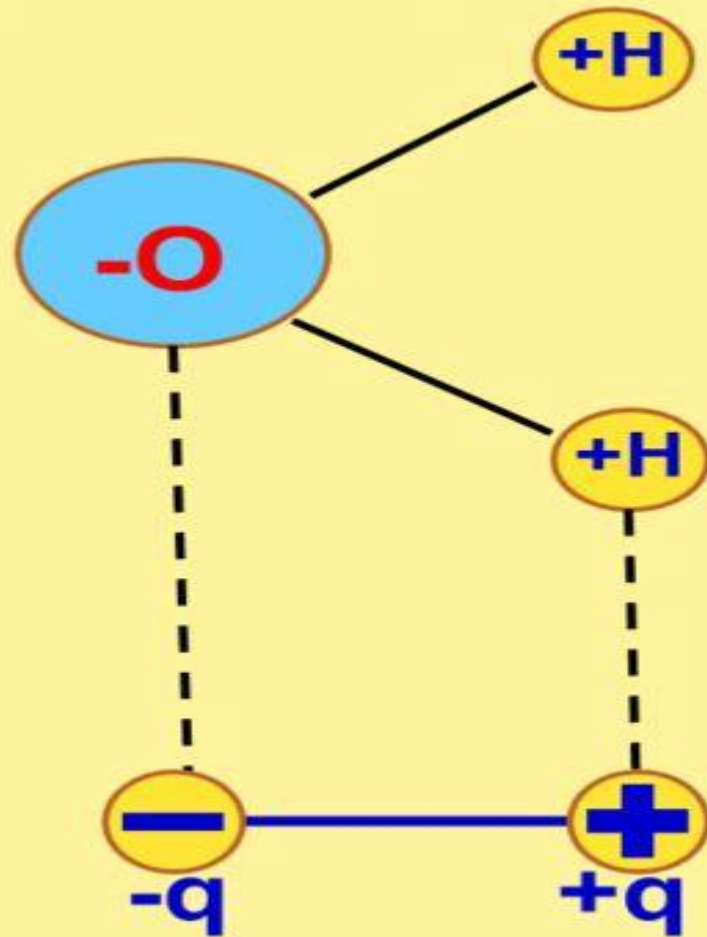
Cl – H



Строение полярного диэлектрика



Строение полярных диэлектриков (воды)



В молекуле воды ионы водорода расположены асимметрично, под углом 104 - 109 градусов друг к другу. Поэтому центры положительных и отрицательных зарядов не совпадают друг с другом или смещены друг относительно друга .

По закону Кулона эти заряды притягиваются друг к другу

ДВА ЗАРЯДА , РАВНЫЕ ПО ВЕЛИЧИНЕ, ПРОТИВОПОЛОЖНЫЕ ПО ЗНАКУ, СВЯЗАННЫЕ МЕЖДУ СОБОЙ КУЛОНОВСКИМИ СИЛАМИ, НАЗЫВАЮТСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ДИПОЛЕМ

Полярные диэлектрики состоят из электрических диполей

Поляризация диэлектриков

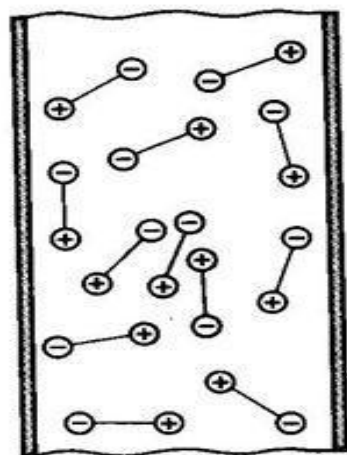


Рис. 14.20

Поляризация - смещение в противоположные стороны разноимённых зарядов, входящих в состав атомов и молекул диэлектрика.

$$\vec{F} = +|q| \vec{E}$$

A horizontal arrow labeled \vec{E} points to the right. Above it, a diagonal line separates it from another horizontal arrow labeled \vec{F} , which also points to the right.

$$\vec{F} = -|q| \vec{E}$$

Рис. 14.21

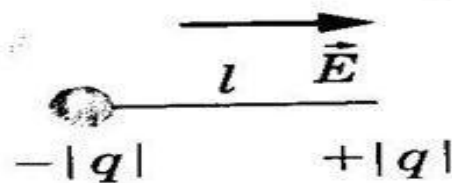
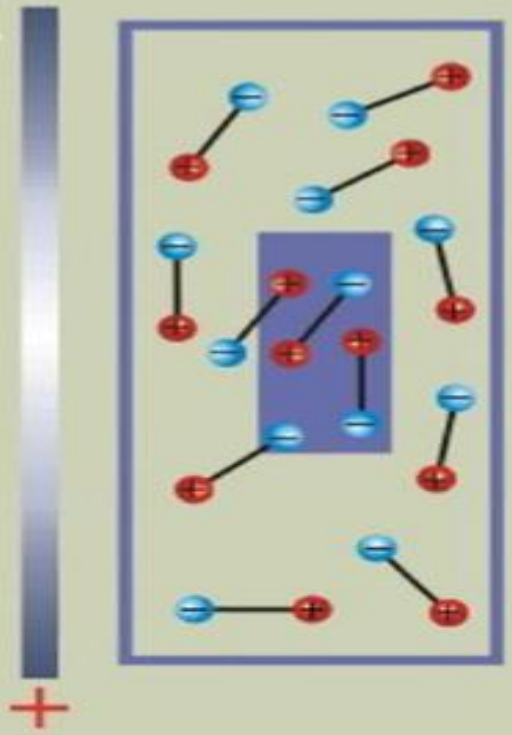
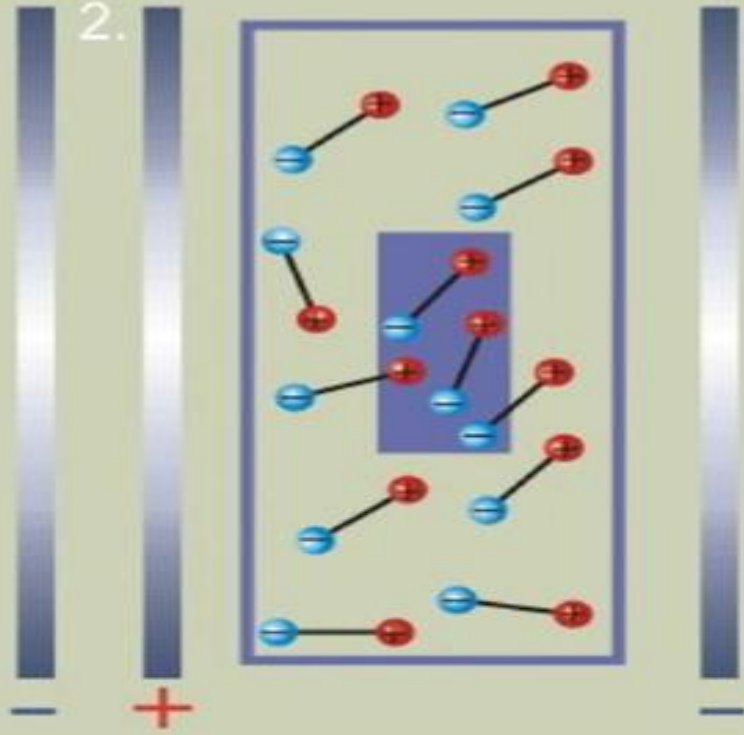


Рис. 14.22

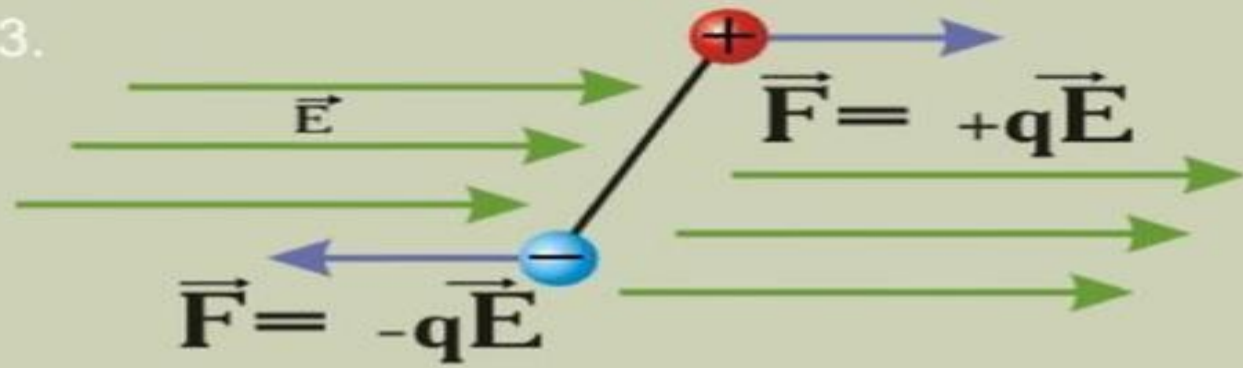
1.



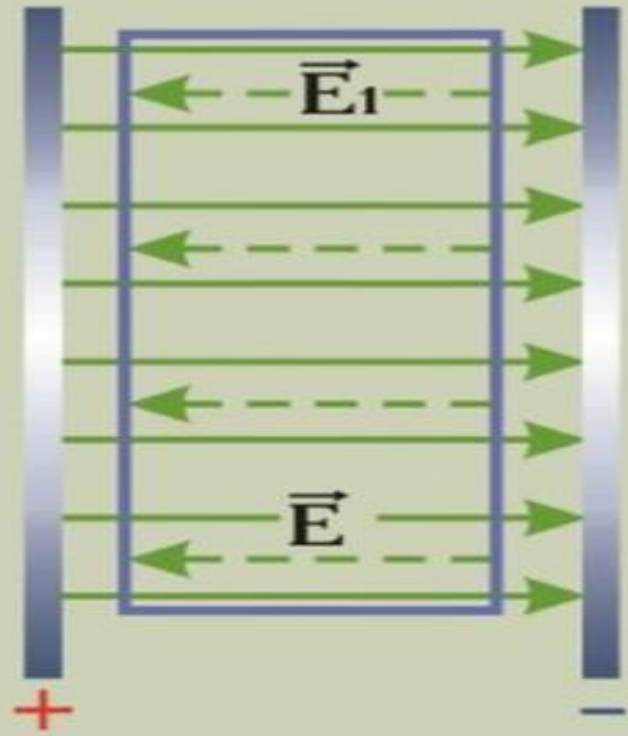
2.



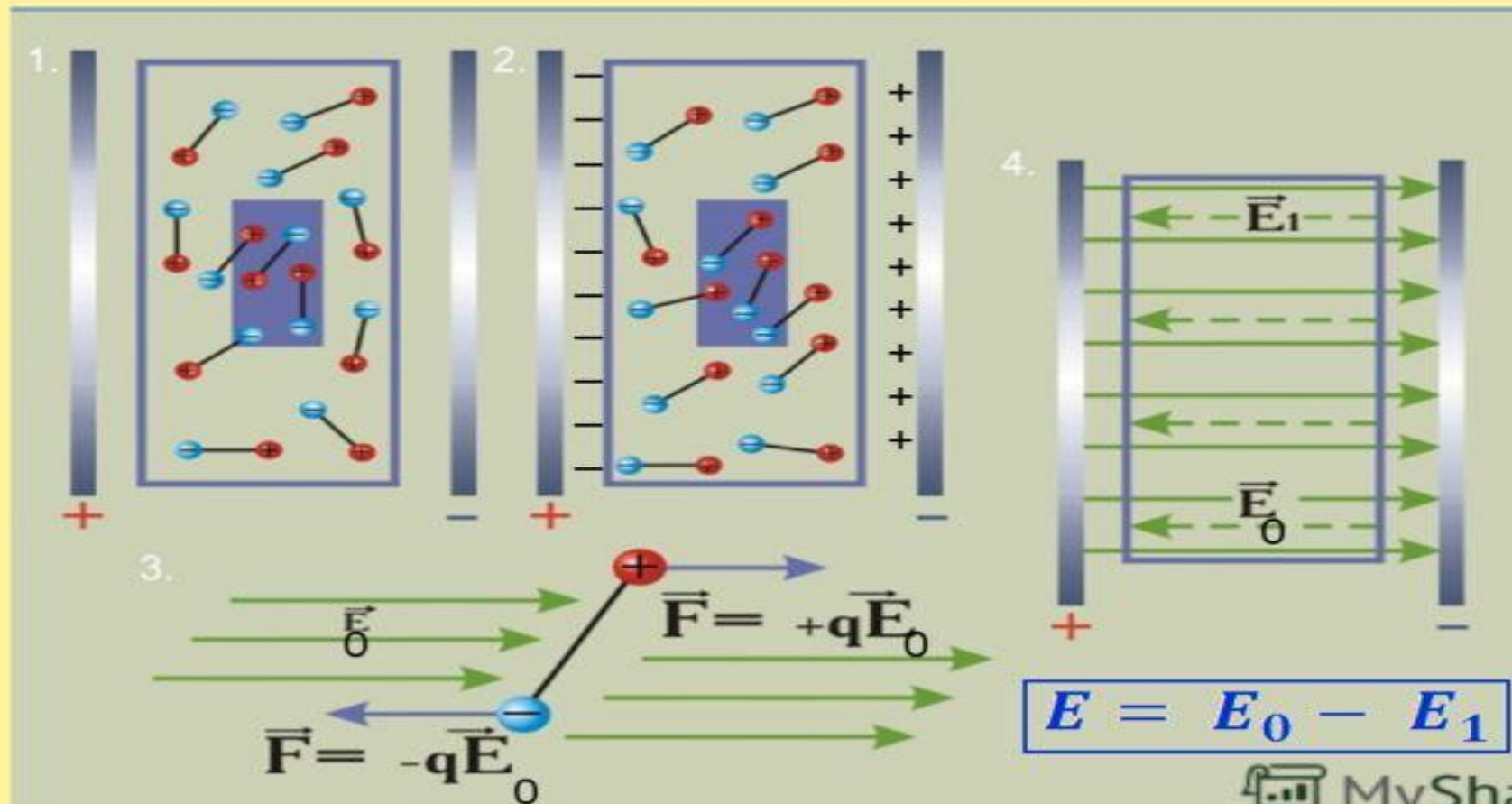
3.



4.

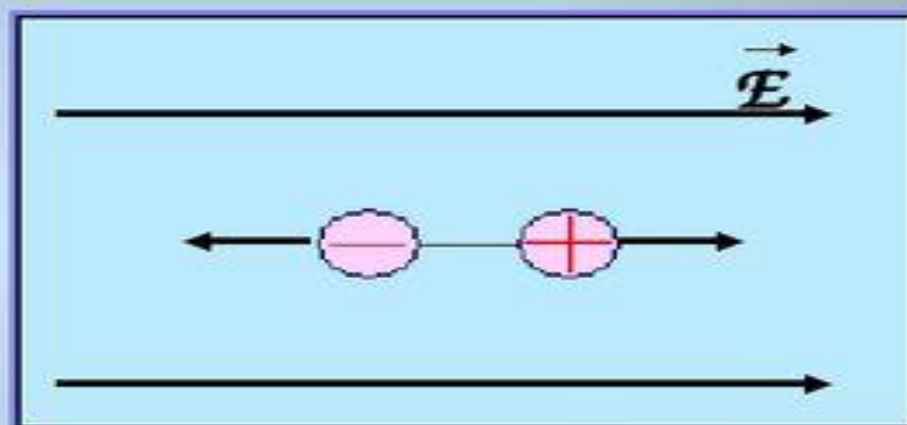


Полярные диэлектрики во внешнем электростатическом поле



Поляризация диэлектриков

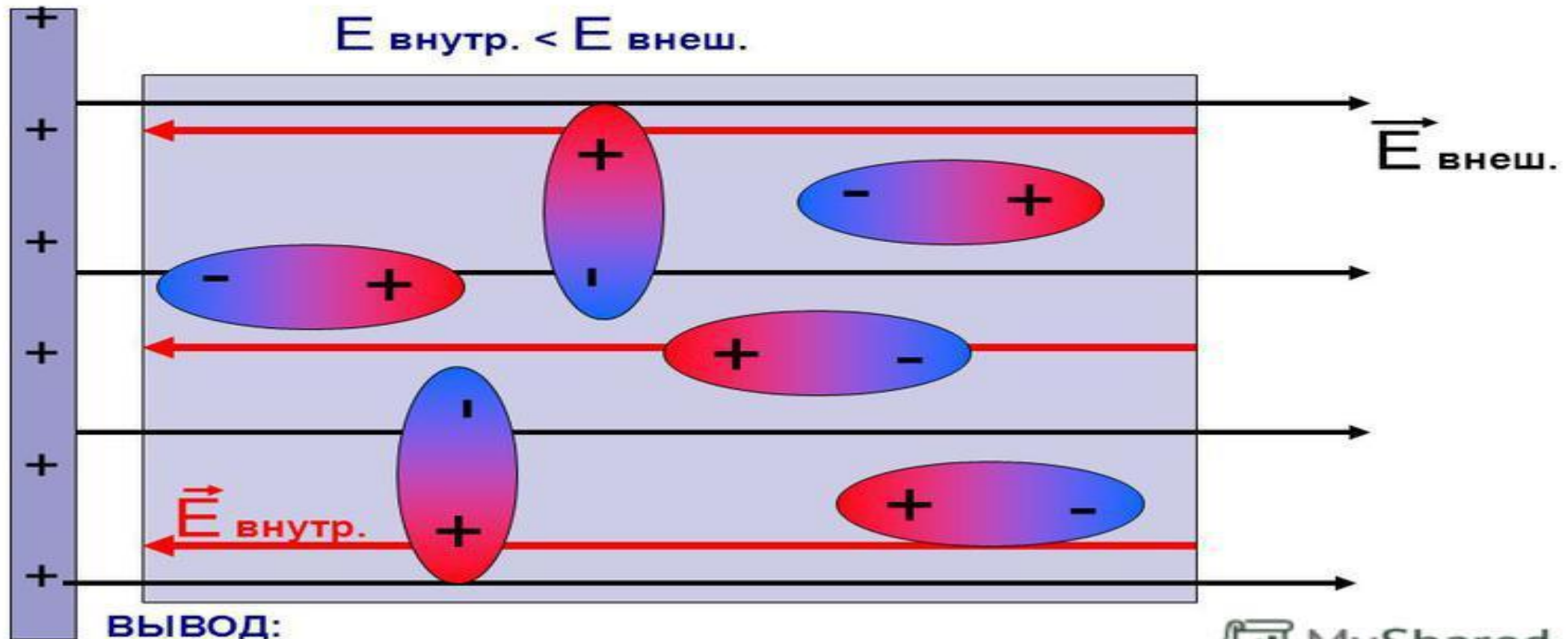
Момент силы
стремится повернуть
диполь так, чтобы его
ось была направлена
по линии
напряжённости поля.



Поляризация полярных диэлектриков

- ▶ В полярных диэлектриках поляризация происходит в результате переориентации диполей.
- ▶ Когда нет внешнего поля, диполи сориентированы хаотично и суммарное поле внутри вещества равно нулю. Во внешнем поле под действием кулоновских сил происходит поворот диполей. Воздействие внешнего электрического поля испытывают все молекулы диэлектрика. Это приводит к тому, что в диэлектрике возникает собственное электрическое поле. Электрическое поле внутри диэлектриков будет ослаблено по сравнению с внешним полем E . Наряду с ориентирующим действием кулоновских сил, дипольные молекулы находятся под влиянием теплового движения. Тепловое движение стремится нарушить ориентацию диполей.

Диэлектрик в электрическом поле



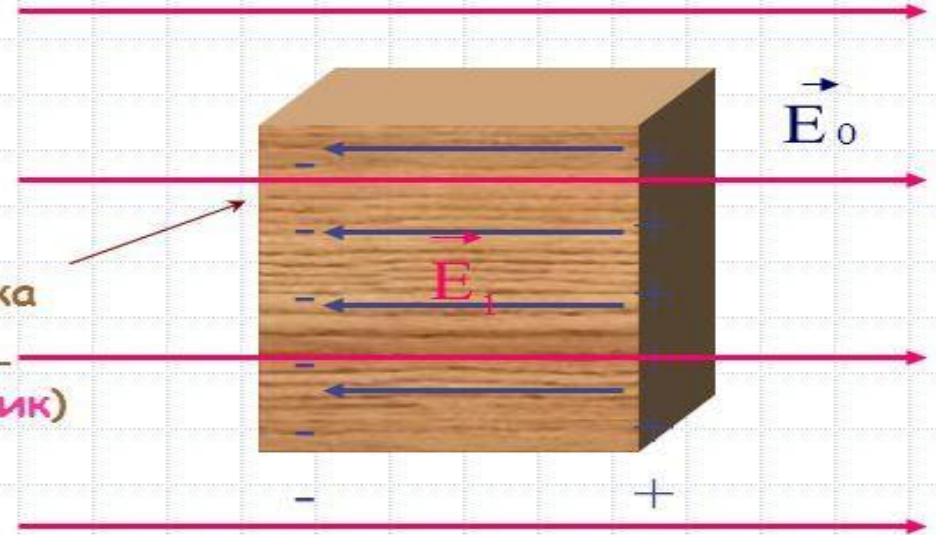
ДИЭЛЕКТРИК ОСЛАБЛЯЕТ ВНЕШНЕЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

ПОЛЕ В ДИЭЛЕКТРИКЕ

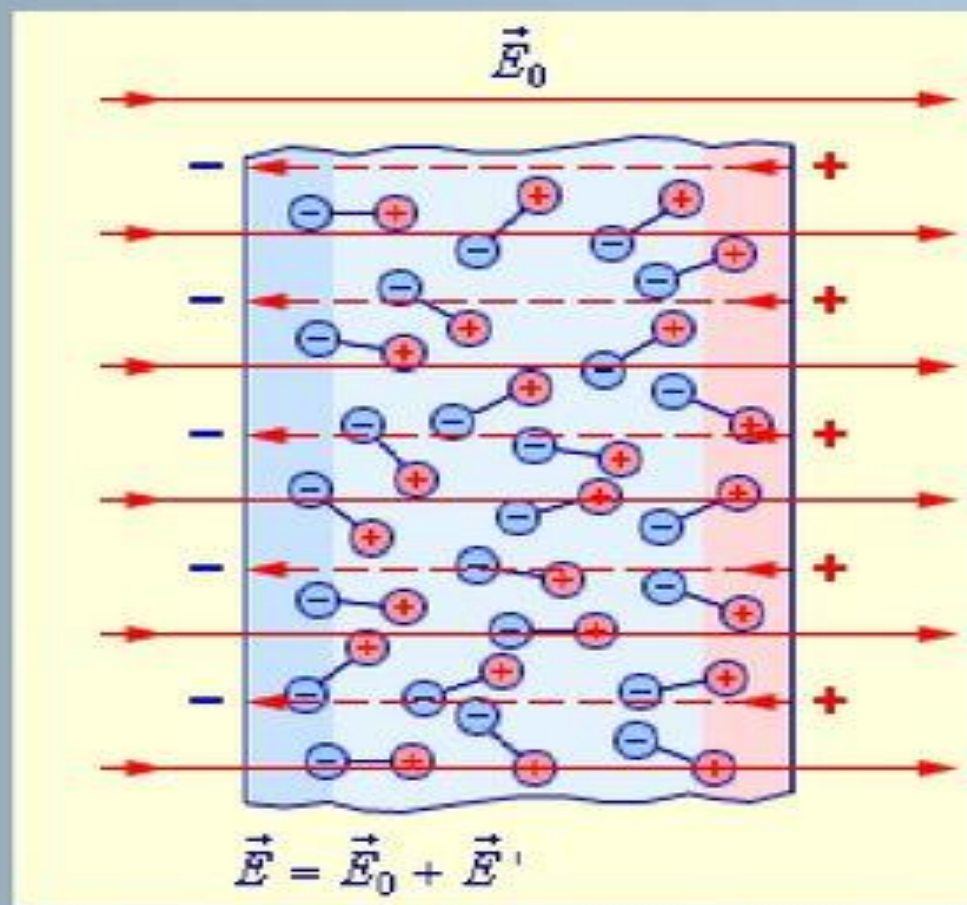
Вектор напряжённости E_1 электрического поля, создаваемого связанными зарядами на поверхности диэлектрика, **направлен внутри диэлектрика противоположно вектору напряжённости E_0 внешнего электрического поля, вызывающего поляризацию.** Напряжённость электрического поля внутри бесконечного пространства, полностью заполненного диэлектриком, оказывается равной по модулю

$$E = E_0 - E_1.$$

Деревяшка
(она же -
диэлектрик)



Поляризация диэлектриков

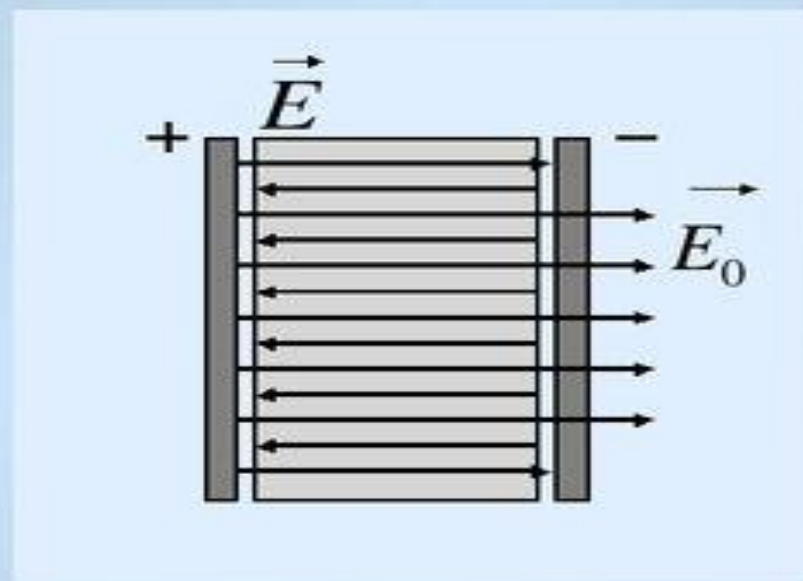


В среднем число диполей, ориентированных вдоль поля, больше, чем против поля.

Напряжённость электрического поля внутри бесконечного пространства, полностью заполненного диэлектриком оказывается равной

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

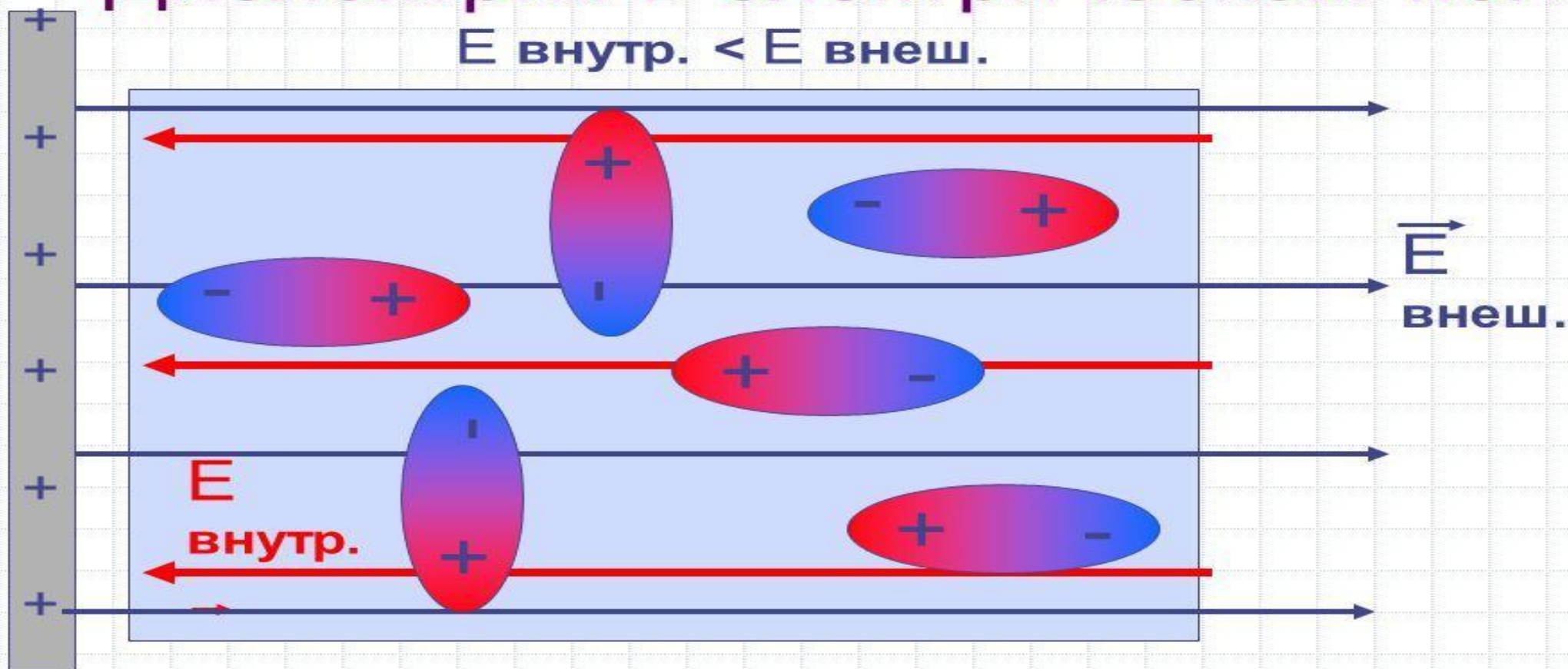
Физическая величина,
равная отношению модуля
напряжённости
однородного
электрического поля в
вакууме к модулю
напряженности
электрического поля в
однородном диэлектрике,
заполняющем это поле,
называется
диэлектрической
проницаемостью вещества:



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

Диэлектрик в электрическом поле

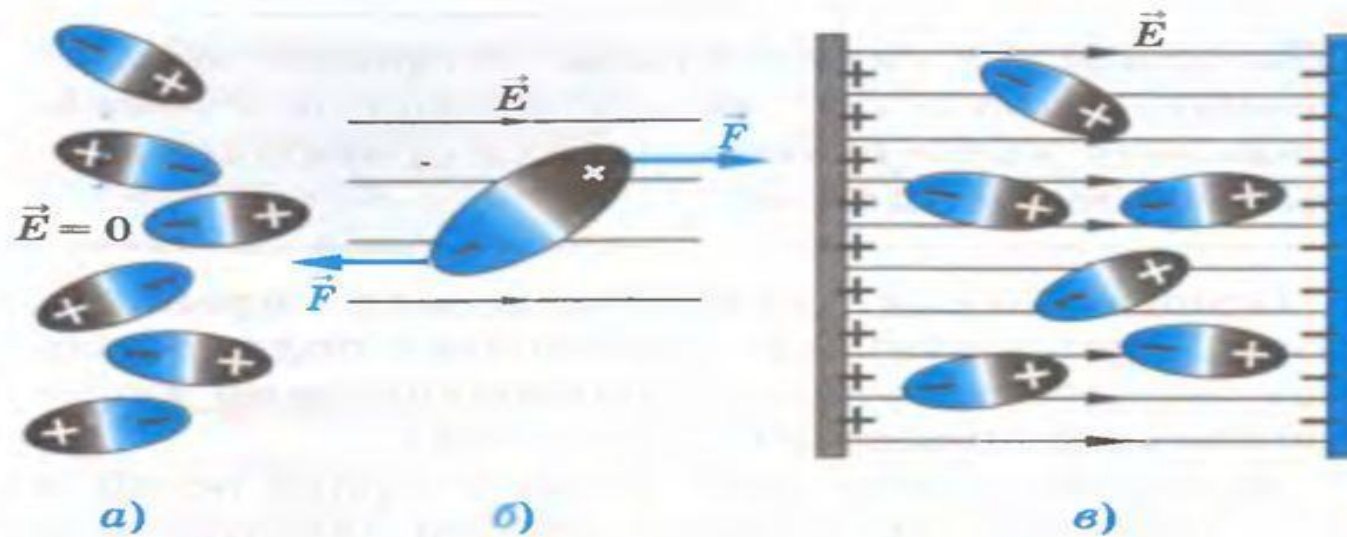
$E_{\text{внутр.}} < E_{\text{внеш.}}$



ВЫВОД:

ДИЭЛЕКТРИК ОСЛАБЛЯЕТ ВНЕШНЕЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

Диэлектрики (полярные)



Полярный диэлектрик в электростатическом поле:
а) полярные молекулы в отсутствии поля;
б) поворот молекулы вдоль линий напряженности;
в) ориентация полярных молекул в электростатическом поле

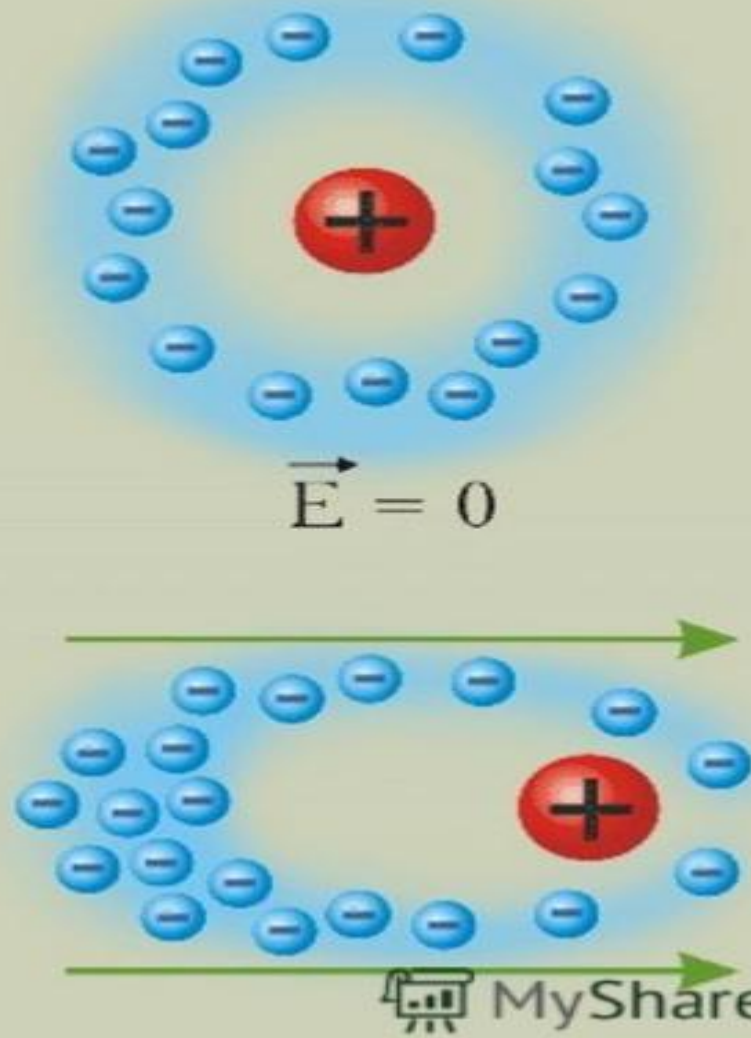
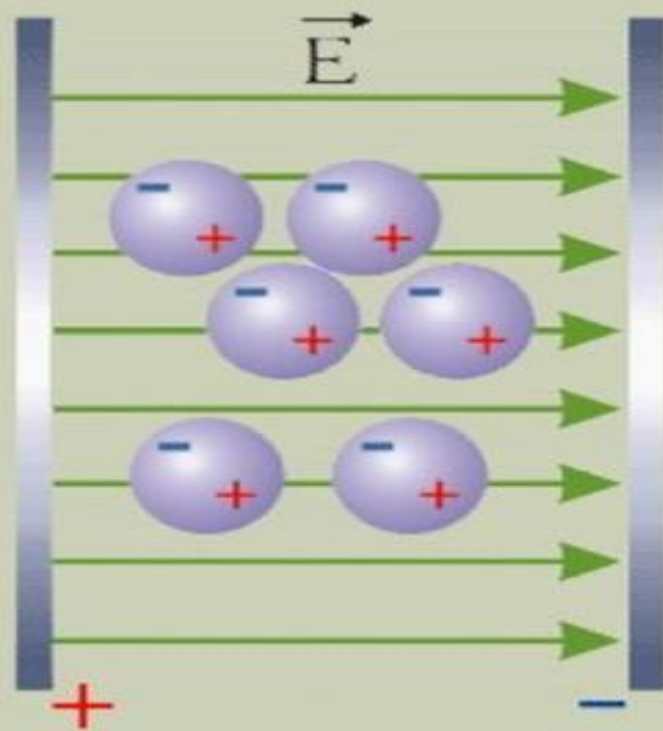
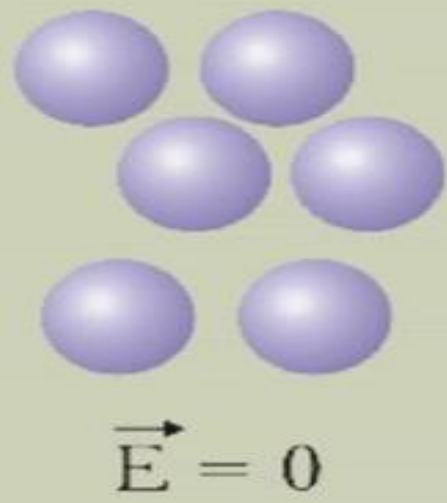
Диэлектрическая проницаемость веществ

<i>Вещество</i>		<i>Вещество</i>	
<i>Газы и водяной пар</i>		Кислород жидкий (при $t = -192,4$ °C)	1,5
Азот	1,0058	Масло трансформаторное	2,2
Водород	1,00026	Спирт	26
Воздух	1,00057	Эфир	4,3
Вакуум	1,00000	<i>Твердые тела</i>	
Водяной пар (при $t=100$ °C)	1,006	Алмаз	5,7
Гелий	1,00007	Бумага парафинированная	2,2
Кислород	1,00055	Дерево сухое	2,2–3,7
Углекислый газ	1,00099	Лёд (при $t = -10$ °C)	70
<i>Жидкости</i>		Парафин	1,9–2,2
Азот жидкий (при $t = -198,4$ °C)	1,4	Резина	3,0–6,0
Бензин	1,9–2,0	Слюда	5,7–7,2
Вода	81	Стекло	6,0–10,0
Водород жидкий (при $t = -252,9$ °C)	1,2	Титан бария	1200
Гелий жидкий (при $t = -269$ °C)	1,05	Фарфор	4,4–6,8
Глицерин	43	Янтарь	2,8

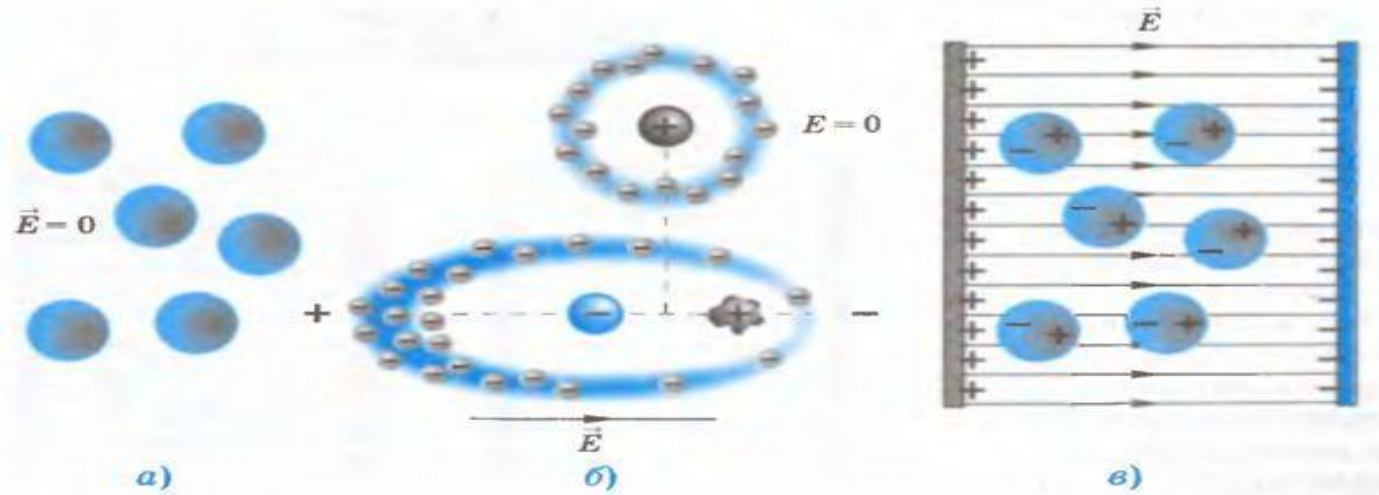
Поляризация неполярных диэлектриков

- Когда неполярный диэлектрик помещают во внешнее электрическое поле, происходит перераспределение зарядов внутри молекул таким образом, что в целом в диэлектрике появляется собственное поле.
- В отличие от полярных диэлектриков, здесь нет влияния теплового движения на процесс поляризации.





Диэлектрики (неполярные)



*Неполярный диэлектрик в электростатическом поле:
а) неполярные молекулы в отсутствие поля;
б) поляризация молекулы;
в) поляризация и ориентация неполярных молекул в электростатическом поле*

В неполярных диэлектриках электростатическое поле сначала **поляризует** молекулы, растягивая в разные стороны положительные и отрицательные заряды, а затем поворачивает их оси вдоль напряженности поля

Диэлектрики

ПОЛЯРИЗАЦИЯ ДИЭЛЕКТРИКА



- процесс ориентации диполей или
появление под действием внешнего
электрического поля ориентированных
по полю диполей

Когда диэлектрик вносится во внешнее электростатическое поле ,то происходит следующее :

1. Под действием кулоновских сил электрические диполи поворачиваются и устанавливаются вдоль силовых линий внешнего электрического поля.
2. На поверхности диэлектрика образуется не свободные , а связанные электрические заряды.
- 3.Внутри диэлектрика образуется внутреннее электрическое поле , ослабляющее внешнее поле.

Образование на поверхности диэлектрика связанных электрических зарядов называется поляризацией диэлектрика.

Выводы:

- Диэлектрики - это вещества, не содержащие свободных заряженных частиц.
- В полярных диэлектриках молекулы являются диполями, в которых центры распределения положительных и отрицательных зарядов не совпадают.
- неполярные диэлектрики состоят из атомов или молекул, у которых центры распределения положительных и отрицательных зарядов совпадают.
- При поляризации молекулы диэлектрика ориентируются по внешнему электрическому полю.
- Диэлектрическая проницаемость характеризует способность диэлектрика к ослаблению внешнего поля.

Диэлектрическая проницаемость

среды - характеристика электрических свойств диэлектрика

E_0 - напряжённость электрического поля в вакууме

E - напряжённость электрического поля в диэлектрике

ϵ - диэлектрическая проницаемость среды

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

Диэлектрическая проницаемость среды

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



Диэлектрики

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ СРЕДЫ



- число, показывающее, во сколько раз напряженность электростатического поля в однородном диэлектрике меньше, чем напряженность в вакууме

$$\varepsilon = \frac{E_{\text{вак}}}{E}$$

Диэлектрическая проницаемость веществ

вещество	Диэлектрическая проницаемость среды
вода	81
керосин	2,1
масло	2,5
парафин	2,1
слюда	6
стекло	7

Выводы:

- Тепловое движение влияет на поляризацию полярных диэлектриков.
- Главное отличие проводников от диэлектриков - наличие свободных зарядов, которые могут перемещаться под действием кулоновских сил.
- Внутри заряженного проводника электростатическое поле отсутствует.
- Потенциал внутри проводника постоянен.
- Напряженность электростатического поля перпендикулярна поверхности проводника. Поверхность проводника является эквипотенциальной.



Применение диэлектриков

Диэлектрики используются:

- 1) **в науке и технике** как электроизоляционные материалы, как конденсаторные материалы
- 2) **в вычислительной технике**
- 3) **в оптике.**

• Какое из перечисленных веществ лишнее?

- Железо
- Резина
- Дерево
- Шёлк

• Диэлектрик поместили в электростатическое поле, а затем разрезали на две части. Полученные половинки оказались...

- *Разноименно заряженными*
- *Одноименно заряженными*
- *Нейтральными*
- *Однозначно ответить нельзя*

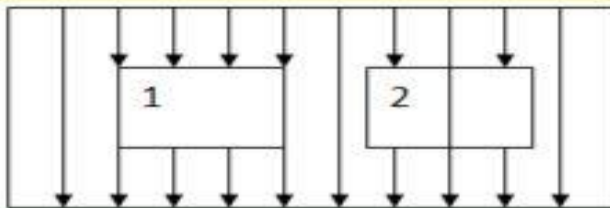
• Какое явление называется поляризацией диэлектрика?

- *Разделение разноименных зарядов в электрическом поле*
- *Процесс передачи диэлектрику заряда*
- *Смещение относительно друг друга связанных зарядов в молекуле под действием электрического поля*
- *Распад молекул на ионы*

• Напряженность электростатического поля в вакууме 20 кН/Кл. Какова напряженность этого поля в керосине, если его диэлектрическая проницаемость равна 2?

- 1000 Н/Кл
- 10000 Н/Кл
- 20000 Н/Кл
- 40000 Н/Кл

• На рисунке изображены различные вещества, внесенные в однородное электрическое поле. Стрелками показано направление линий напряженности внешнего поля. Укажите диэлектрик.



Диэлектрики

Уменьшение напряженности электростатического поля в диэлектрике приводит к тому, что сила взаимодействия точечных зарядов q_1 и q_2 , находящихся в диэлектрике на расстоянии r друг от друга, уменьшается в ϵ раз:

$$F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}$$

- Закон Кулона:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon r^2}$$

- Напряжённость электрического поля, созданного точечным зарядом:

$$E = k \frac{|q|}{\epsilon r^2}$$

Полупроводники

ПОЛУПРОВОДНИК



- вещество, в котором количество свободных зарядов зависит от внешних условий (температура, напряженность электрического поля)

Решите задачи:

1 Во сколько раз надо изменить значение каждого из двух одинаковых зарядов, чтобы при погружении их в воду сила взаимодействия при том же расстоянии между ними была такая же, как в воздухе?

2 На расстоянии 3 см от заряда 4 нКл, находящегося в жидком диэлектрике, напряженность поля равна 20 кВ/м. Какова диэлектрическая проницаемость диэлектрика?

