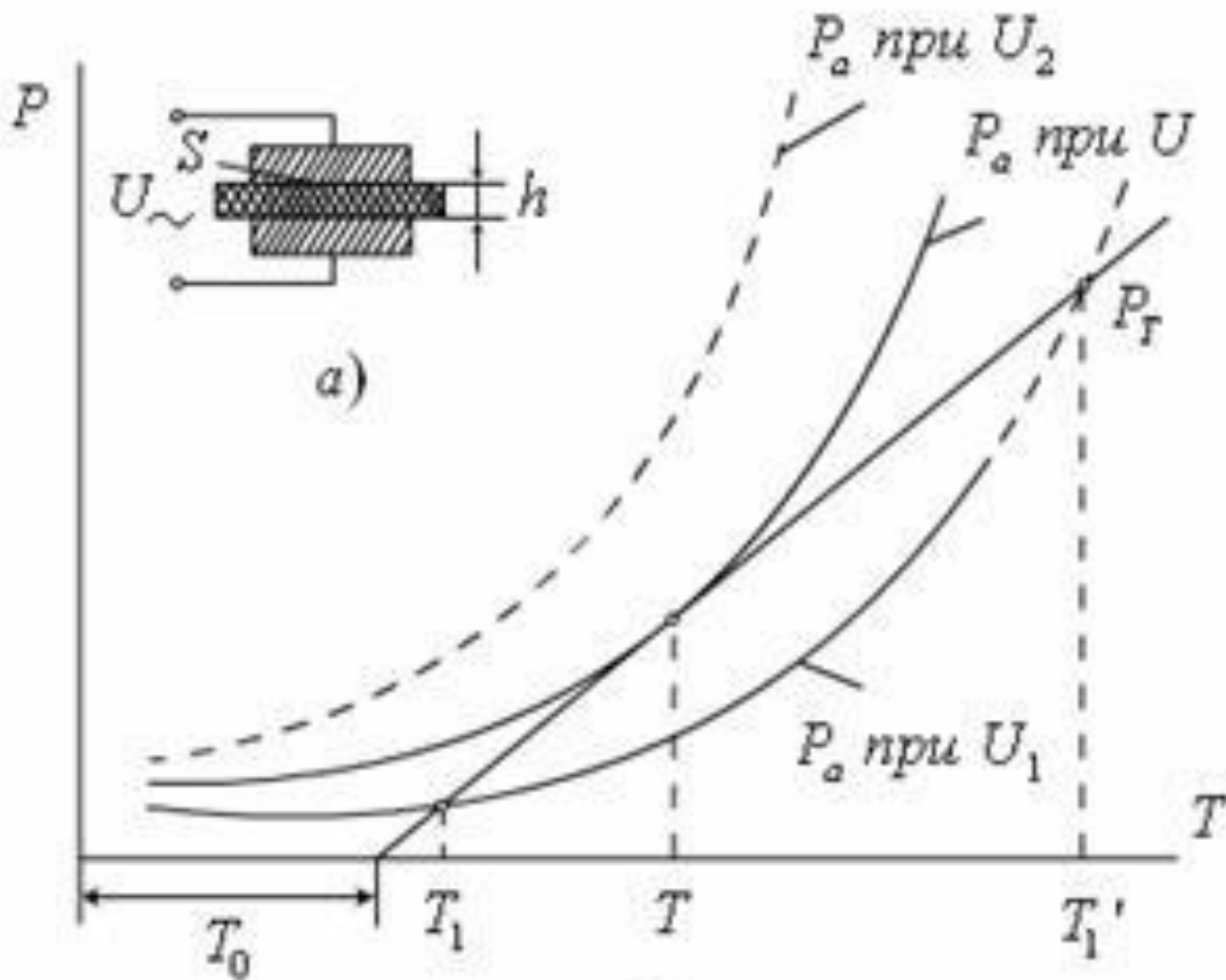


Тепловой пробой



Пробой диэлектриков



Пробоем диэлектриков или нарушением его электрической прочности называется потеря им свойств электроизоляционного материала под действием электрического поля.

U_{np} [кВ]

– напряжение пробоя, при котором происходит пробой диэлектрика;

E_{np} [кВ/м]

– электрическая прочность (напряженность электрического поля), при которой происходит пробой диэлектрика;

$$E_{np} = U_{np}/h$$

h [м]

– толщина диэлектрика (для конструкции с однородным полем).

Воздух



Воздушный выключатель

1. Воздух

при малых
напряженностях
электрического
поля – хороший
диэлектрик (ЛЭП).
Применение:
высоковольтные
выключатели с
давлением $2\div 12$ МПа.

Элегаз



3. Элегаз SF_6 (гексафторид)

$E_{прSF_6} > E_{пр}$ воздуха в 2,5 раза.
Применение: высоковольтные
выключатели, герметично
закрытые КРУ, силовые
трансформаторы.

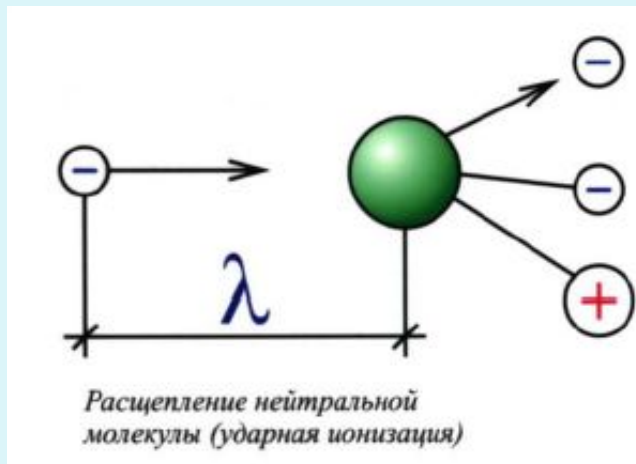


Элегазовый выключатель
 $U=110\text{кВ}$

Пробой газов



Воздух – элемент изоляции ЛЭП и оборудования подстанций.



Пробой газов обусловлен явлением ударной ионизации, т.е. расщеплением нейтральных молекул электронами, которые разгоняются полем.

λ – длина свободного пробега частицы, т.е. среднее расстояние, пройденное заряженной частицей без столкновений.

Пробой газа совершается практически мгновенно, и это явление чисто электрическое. Поэтому все численные данные по пробоем газа относятся к максимальным (амплитудным) значениям напряжения.

Основные виды ионизации в газах,

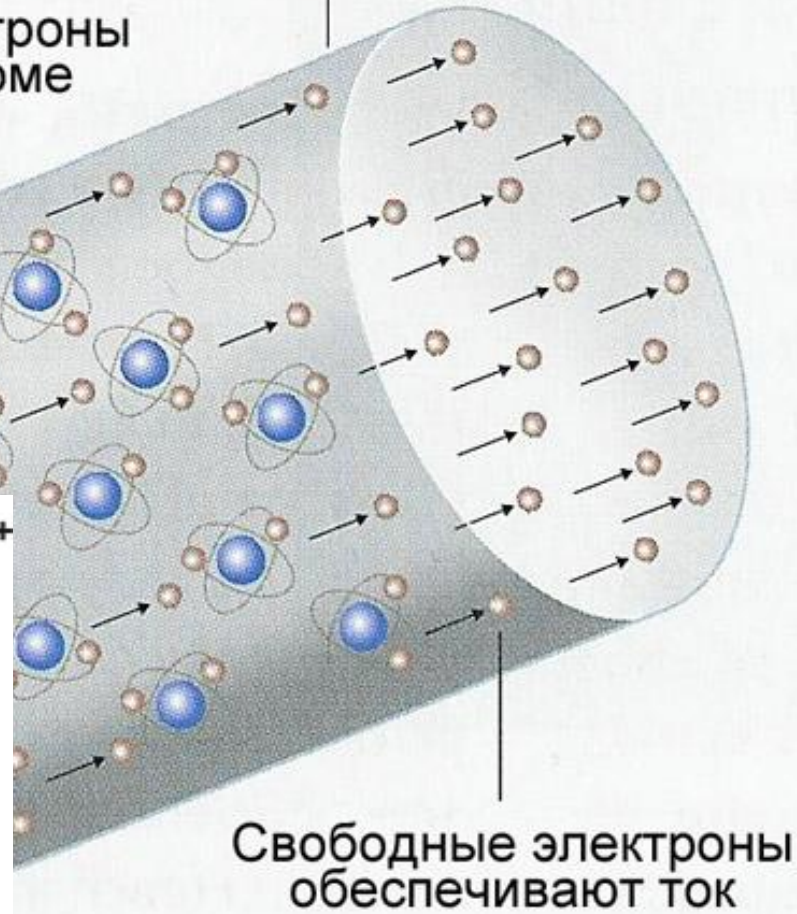
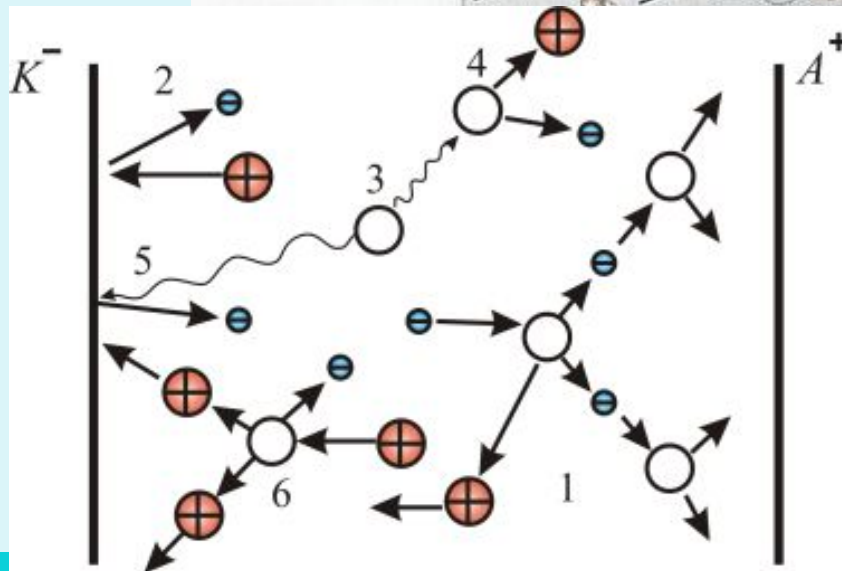
Энерги

Если п

Связанные электроны
остаются в атоме

Проводник

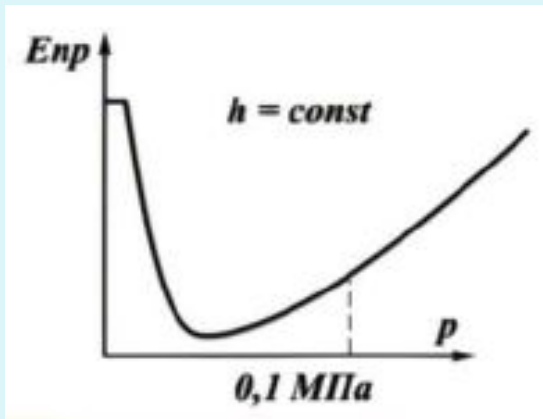
тесос-
иони-
спе-
утно-
ьтате



ичные
ины

⊕
анод

Электрическая прочность газа зависит от его плотности, т.е. от давления



Высокую $E_{пр}$ при больших давлениях используют в воздушных высоковольтных выключателях.

Большую $E_{пр}$ вакуума используют для изготовления вакуумных выключателей, конденсаторов.



Вакуумный выключатель
10кВ
ВВПЭ-10



Воздушный выключатель
220кВ
ВВБ-220

В электрическом поле заряженная частица приобретает дополнительную энергию – W

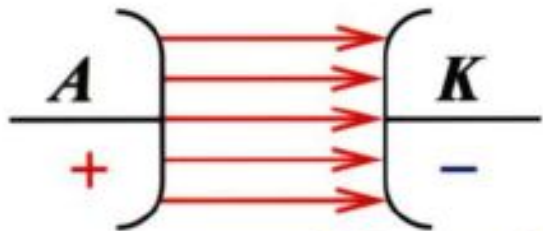
$$W = q \cdot U_{\lambda}, \text{ где } q - \text{ заряд частицы,}$$

U_{λ} – падение напряжения на длине свободного пробега – λ

Пробой газа в однородном поле

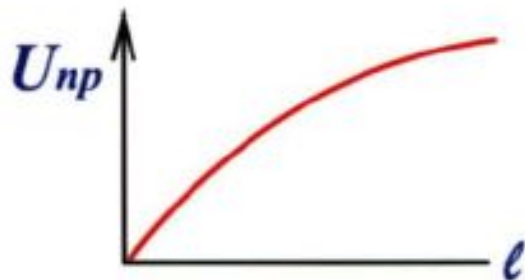
Однородное электрическое поле

1) между плоскими электродами с закругленными краями;

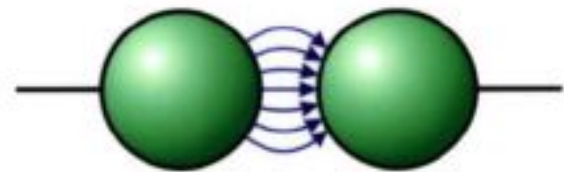


Зависимость $U_{пр} = f(\ell)$

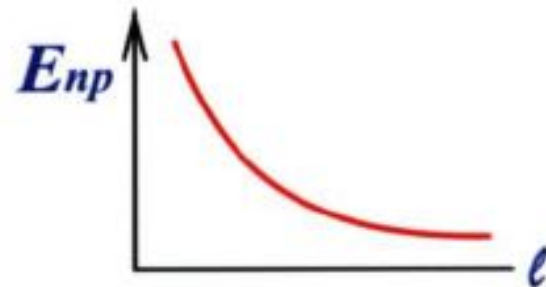
ℓ – расстояние между электродами



2) между шарами большого диаметра при малом расстоянии между ними.



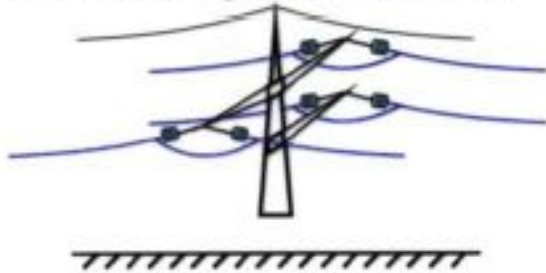
Зависимость $E_{пр} = f(\ell)$



Пробой газа в неоднородном поле



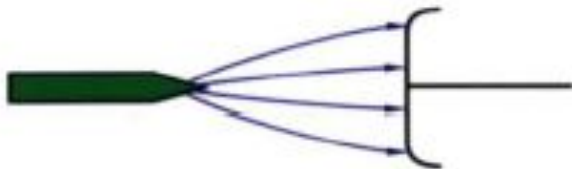
1. Между проводами ЛЭП



2. Между двумя остриями



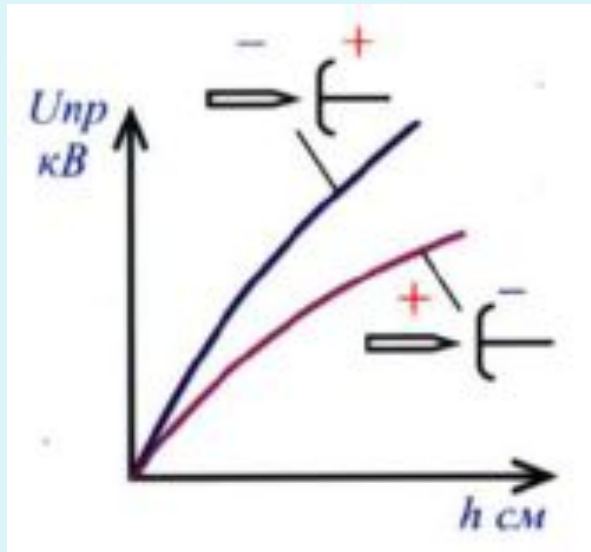
3. Между острием и плоскостью



4. Между шарами при большом расстоянии между ними



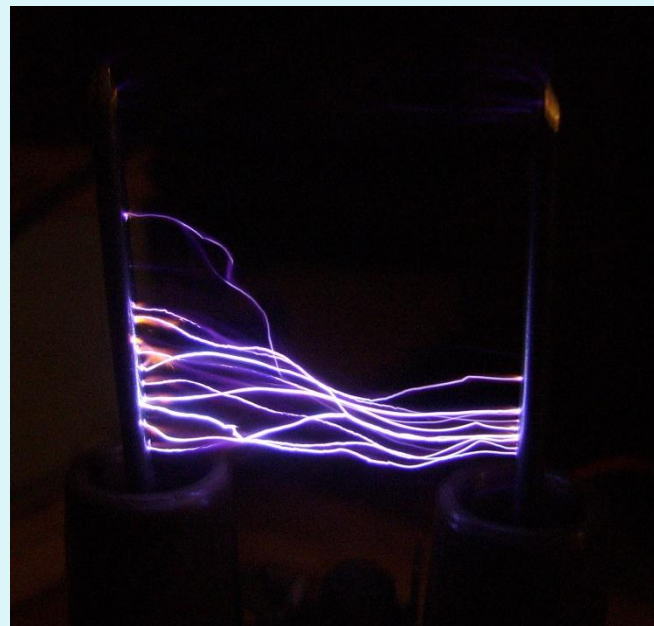
Пробой газа в неоднородном поле



Зависимость $U_{пр}=f(h)$ –
около острия образуется положи-
тельный объемный заряд

Особенность пробоя в неоднородном поле – возникновение разряда в виде короны с переходом в искровой разряд или дугу.

Пробой газов



Электрическая прочность некоторых диэлектриков в газообразном состоянии



Газ	Химическая формула	Молекулярная масса	Температура кипения, °С	Относительная $E_{пр}$ ($E_{пр.газа}/E_{пр.воздуха}$)
Гелий	He	4	-268,8	0,06
Водород	H ₂	2	-252,6	0,6
Диоксид углерода	CO ₂	44	-78,3	0,9
Азот	N ₂	28	-195,6	1,0
Фреон 12	CCl ₂ F ₂	129	-30	2,4
Элегаз	SF ₆	146	-63,8	2,9
Гексафторциклобутан	C ₄ F ₆	162	-5	3,9
Декафторциклопентан	C ₅ F ₁₀	250	22	4,3
Перфтордибутилтетрагидрофуран	C ₈ F ₁₆ O	416	101	6,3
Перфтордиметилциклогексан	C ₈ F ₁₆	400	101	8,5
Перфторфенантрен	C ₁₄ F ₂₄	624	205	10,0

Пробой жидких диэлектриков



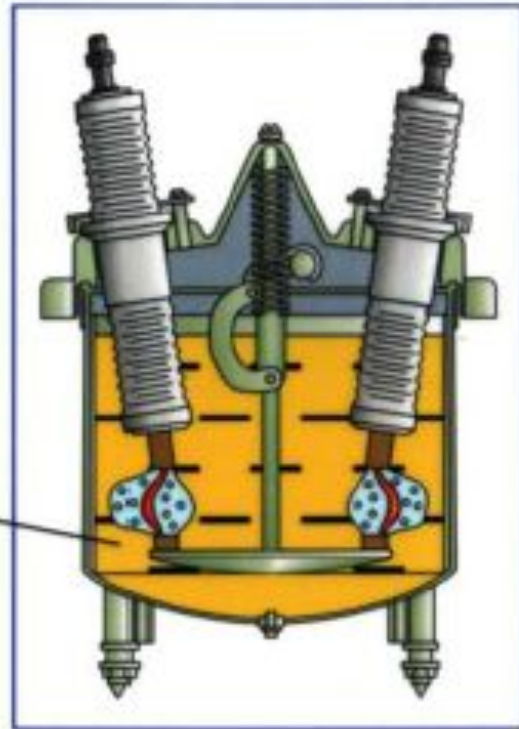
Три теории пробоя

1. Для максимально очищенных от примесей жидкостей.

Причина – вырывание электронов из электродов: электроны производят ударную ионизацию.

Трансформаторное масло

Масляный баковый выключатель



Пробой жидких диэлектриков

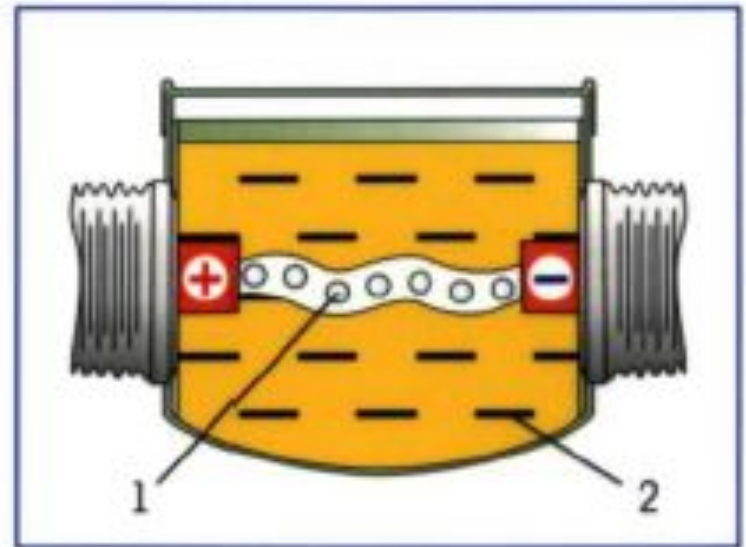


Три теории пробоя

*II. Для жидкостей с
пузырьками газа.*

Газ в пузырьках ионизируется,
образуется газовый канал.

*1 – пузырьки газов;
2 – трансформаторное
масло*



Пробой жидких диэлектриков

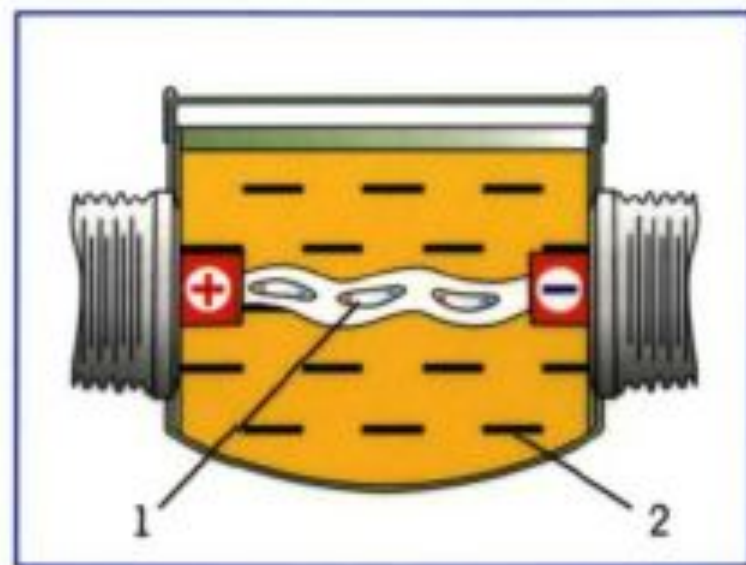


Три теории пробоя

III. Для жидкостей с водой.

Вода – полярное вещество.
Вода поляризуется, создает
цепочки с повышенной
проводимостью.

*1 – вода;
2 – трансформаторное
масло*



Пробой твердых диэлектриков



I. Пробой в макроскопических однородных диэлектриках (органических полимерах).

Причина пробоя – ударная ионизация электронами.

пробой по поверхности



II. Пробой в неоднородных диэлектриках, содержащих газовые включения.

Причина – ионизация газа. С увеличением толщины диэлектрика усиливается неоднородность структуры и снижается $E_{пр}$.

