

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**



## **Теория Хиппеля-Каллена**

**Выполнил: студент гр.5А1В  
Дымбрылов Б.Б.**

Томск 2015

# Содержание

1. Суть теории Хиппеля. Кратко.
2. Основные заключения теории.
3. Первое доказательство теории Хиппеля.
4. Второе доказательство теории Хиппеля.
5. Теория Каллена.

# Суть теории Хиппеля. Кратко.

Теория Хиппеля основана на двух предположениях:

- Первое предположение состоит в том, что необходимую для ионизации энергию электроны приобретают не за один приём, а в течение нескольких пробегов.
- Второе предположение — что энергия, приобретаема электронами в электрическом поле, при некоторых условиях больше теряемой ими при столкновениях с решёткой. Та напряжённость поля, при которой начинают удовлетворяться эти условия, принята Хиппелем за пробивную.

# Суть теории Хиппеля. Кратко.

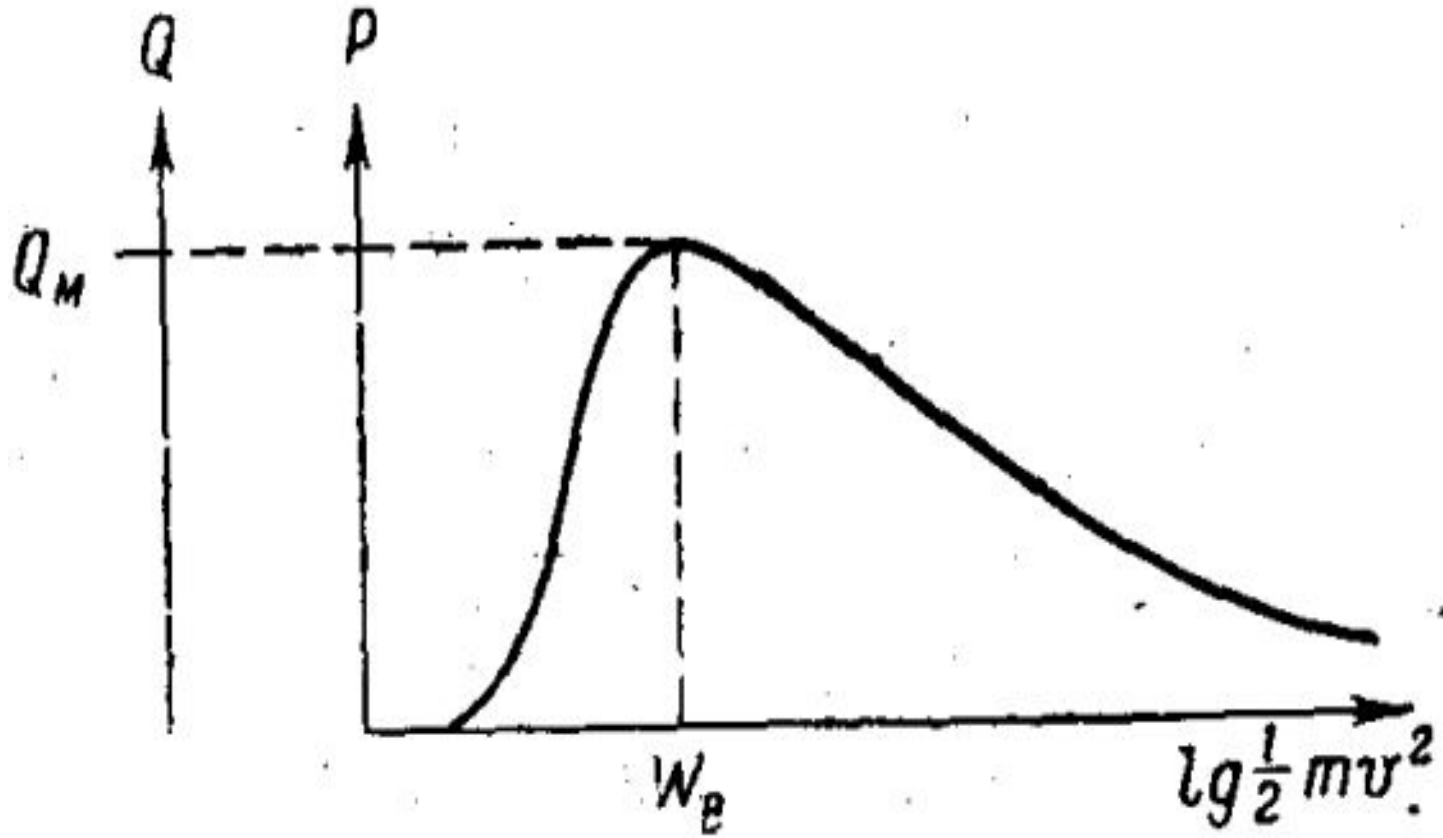


Рис.1

# Основные заключения теории.

1. Критическая пробивная напряжённость поля приближённо равна  $E = \frac{W_B}{l}$
2. В диэлектриках с кристаллической решёткой должны существовать предпочтительные направления пробоя.
3. Сила тока, сопровождающая пробой, должна расти по экспоненциальному закону, характерному для процесса образования лавины.
4. Для начала пробоя необходимо ограниченное число начальных свободных электронов.
5. Основными активными агентами ионизации являются медленные электроны.

# Первое доказательство теории Хиппеля

- В основе этой аргументации лежит утверждение автора о том, что электрон с энергией ниже , соответствующий максимуму потерь на раскачку, возбуждать не может. Это утверждение неочевидно и нуждается в более подробном рассмотрении.

# Первое доказательство теории Хиппеля

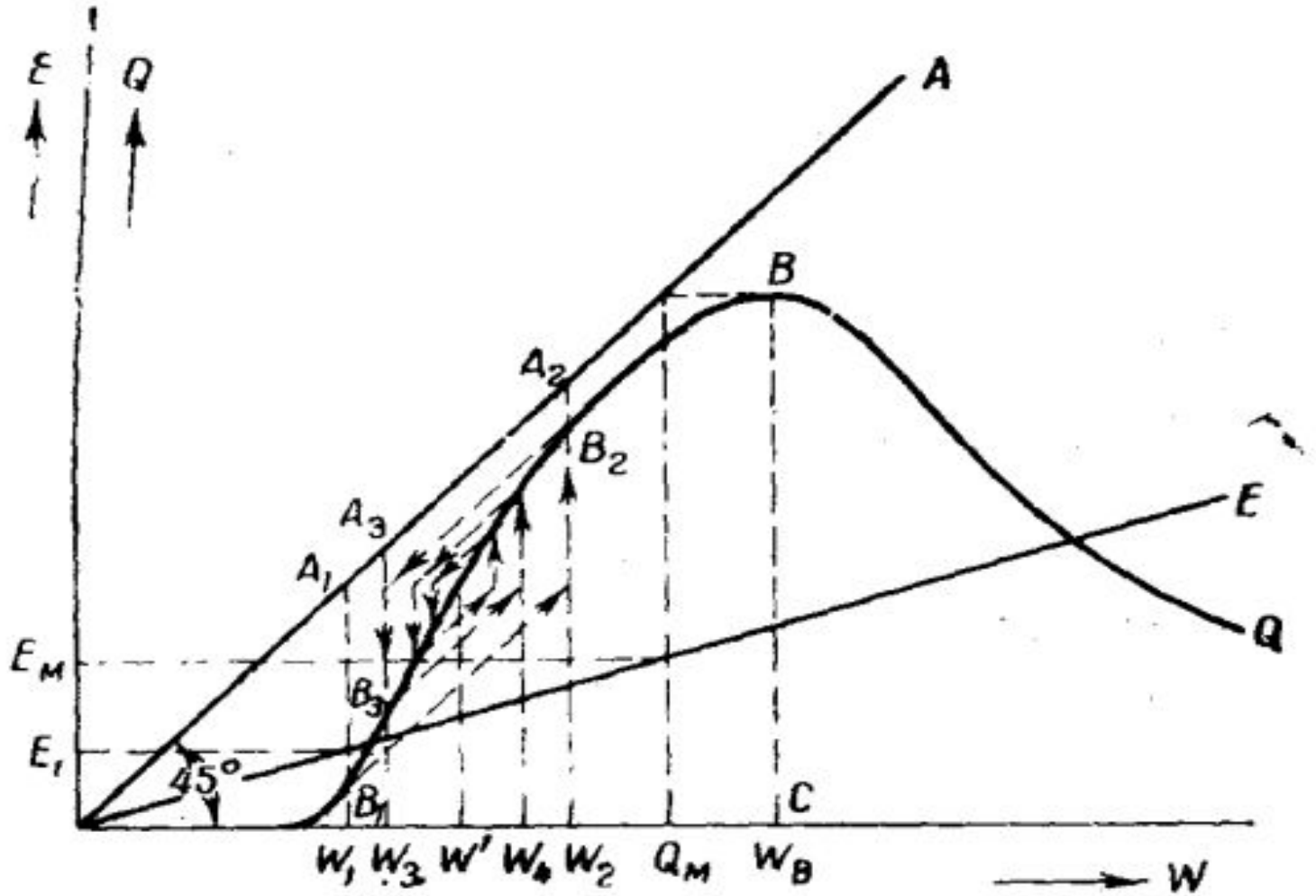


Рис.2.

# Второе доказательство теории Хиппеля

- Вторым аргументом в пользу справедливости своей теории Хиппель считает экспериментальные данные о существовании предпочтительных направлений пробоя в диэлектриках с кристаллической решёткой.



# Теория Каллена

- Каллен описывает колебательные движения ионов волнами. Колебания ионов лежат в двух областях: «оптической» и «акустической», а в каждой области колебания подразделяются на две группы поперечных и одну группу продольных. Таким образом, всего волн  $6N$ , где  $N$  — число ячеек в кристалле (объём ячейки, — постоянная решётки).

- Количество энергии , которую электрон с энергией передаёт решётке в единицу времени, оказывается равным

$$B = C \sqrt{\frac{h\nu}{W}} \left[ \frac{\frac{h\nu}{e k T}}{e^{\frac{h\nu}{k T}} - 1} \ln \frac{1 + \sqrt{1 - \frac{h\nu}{W}}}{1 - \sqrt{1 - \frac{h\nu}{W}}} - \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{k T}} - 1} \ln \frac{\sqrt{1 + \frac{h\nu}{W}} + 1}{\sqrt{1 + \frac{h\nu}{W}} - 1} \right]$$

где

$$C = \frac{\pi \sqrt{2m} (e e^*)^2}{M a^3 \sqrt{h\nu}}$$

**Спасибо за внимание!**