

# Ток в полупроводниках



Разные вещества имеют различные электрические свойства, по электрической проводимости их можно разделить на 3 основные группы:

## Электрические свойства веществ

### Проводники

Хорошо проводят электрический ток

К ним относятся металлы, электролиты, плазма ...

Наиболее используемые проводники – Au, Ag, Cu, Al, Fe ...

### Полупроводники

Занимают по проводимости промежуточное положение между проводниками и диэлектриками

Si, Ge, Se, In, As

### Диэлектрики

Практически не проводят электрический ток

К ним относятся пластмассы, резина, стекло, фарфор, сухое дерево, бумага ...



# Полупроводники в природе



**Алмаз**

<b>B</b> 10.81 Бор	<b>5</b>	<b>C</b> 12.011 Углерод	<b>6</b>	<b>N</b> 14.007 Азот	<b>7</b>		
<b>Al</b> 26.981 Алюминий	<b>13</b>	<b>Si</b> 28.086 Кремний	<b>14</b>	<b>P</b> 30.973 Фосфор	<b>15</b>	<b>S</b> 32.06 Сера	<b>16</b>

<b>30</b>	<b>Zn</b> 65.38 Цинк	<b>Ga</b> 69.72 Галлий	<b>31</b>	<b>Ge</b> 72.59 Германий	<b>32</b>	<b>As</b> 74.921 Мышьяк	<b>33</b>	<b>Se</b> 78.96 Селен	<b>34</b>
-----------	----------------------------	------------------------------	-----------	--------------------------------	-----------	-------------------------------	-----------	-----------------------------	-----------

<b>48</b>	<b>Cd</b> 112.40 Кадмий	<b>In</b> 114.82 Индий	<b>49</b>	<b>Sn</b> 118.69 Олово	<b>50</b>	<b>Sb</b> 121.75 Сурьма	<b>51</b>	<b>Te</b> 127.60 Теллур	<b>52</b>
-----------	-------------------------------	------------------------------	-----------	------------------------------	-----------	-------------------------------	-----------	-------------------------------	-----------

<b>80</b>	<b>Hg</b> 200.59 Ртуть
-----------	------------------------------



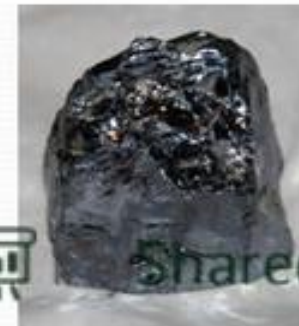
**Кремний**



**Арсенид галлия**



**Арсенид индия**



Shared

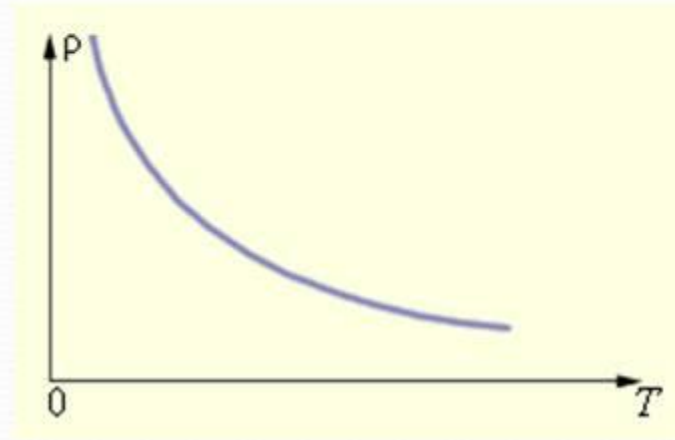
# Примеры полупроводников

Наиболее распространенными полупроводниками являются германий и кремний



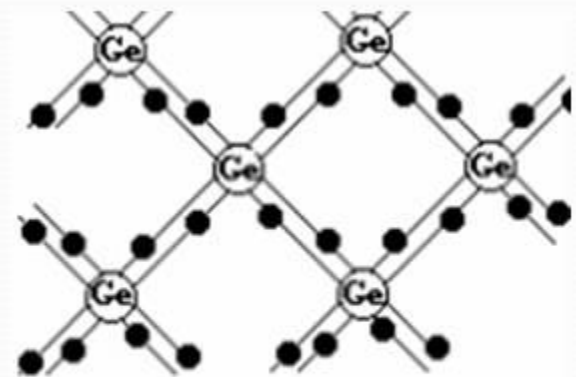
# Полупроводники

- **Полупроводник** - вещество, у которого удельное сопротивление может изменяться в широких пределах и очень быстро убывает с повышением температуры.



## Механизм проводимости у полупроводников

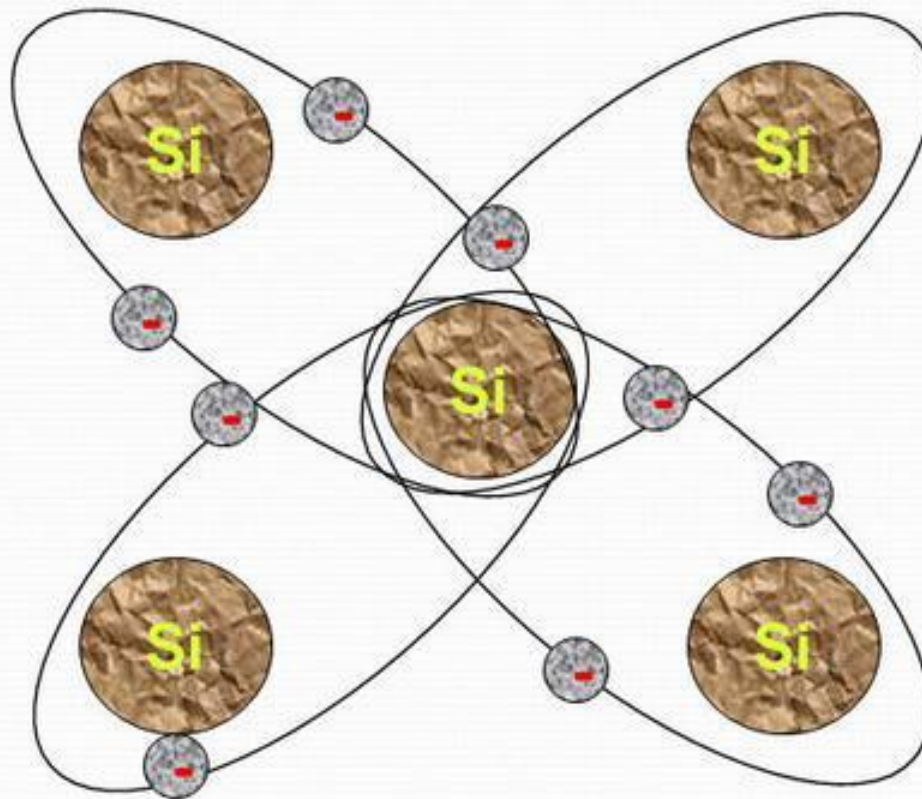
Кристаллы полупроводников имеют атомную кристаллическую решетку, где внешние электроны связаны с соседними атомами ковалентными связями.





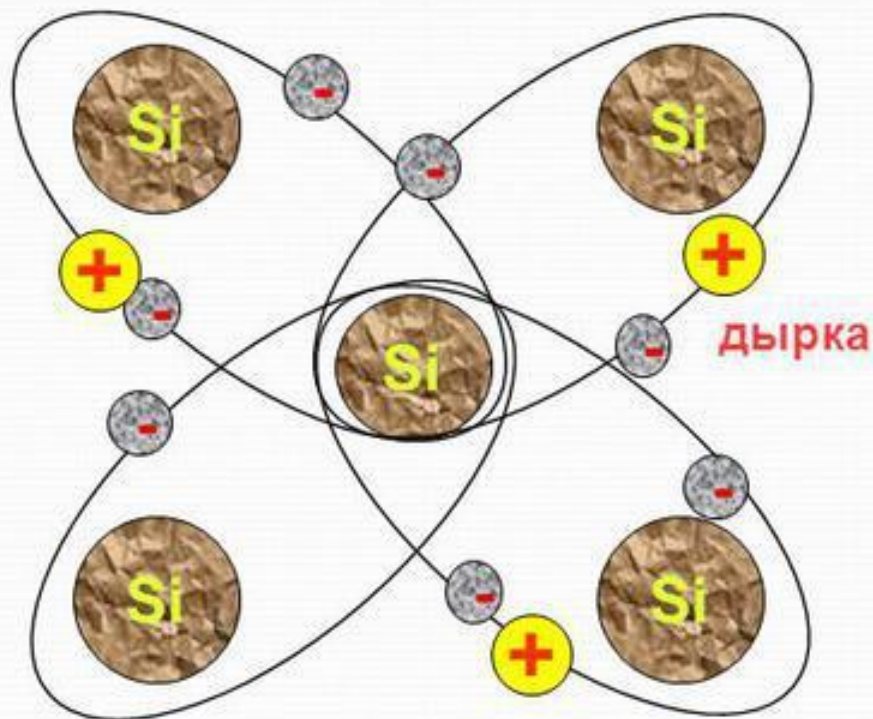
# Собственная проводимость полупроводников

При обычных условиях (невысоких температурах) в полупроводниках отсутствуют свободные заряженные частицы, поэтому полупроводник не проводит электрический ток.



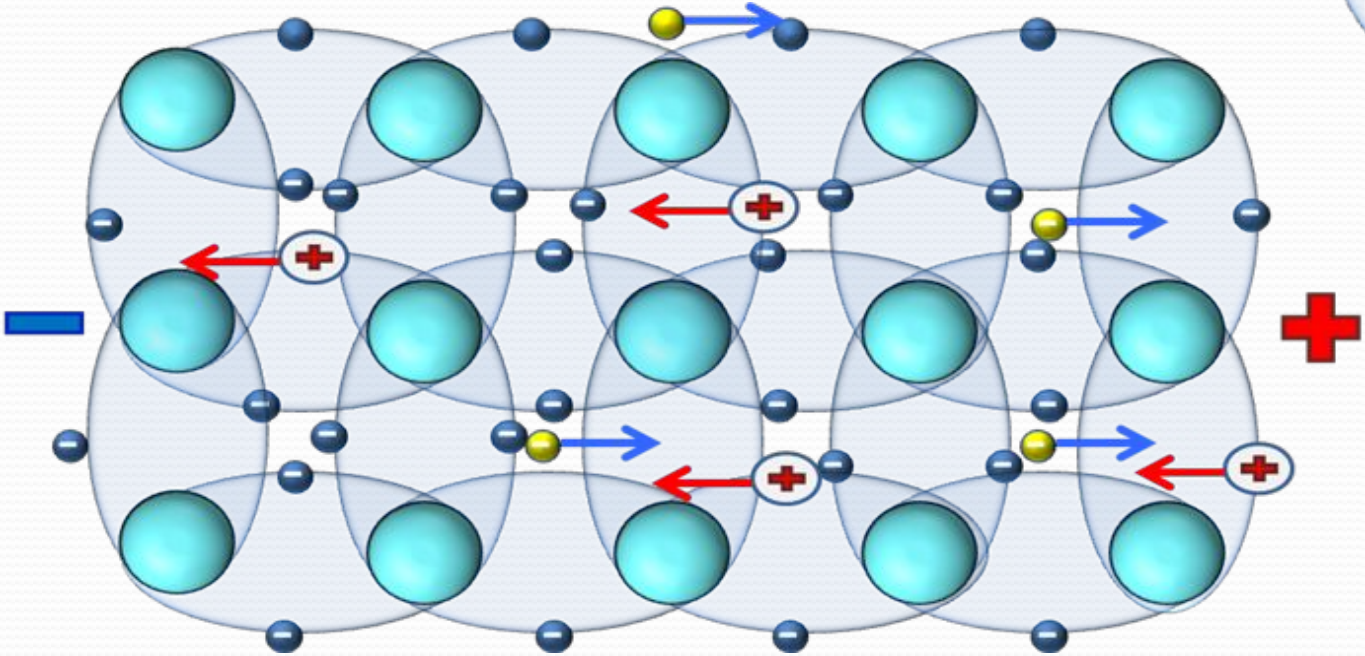
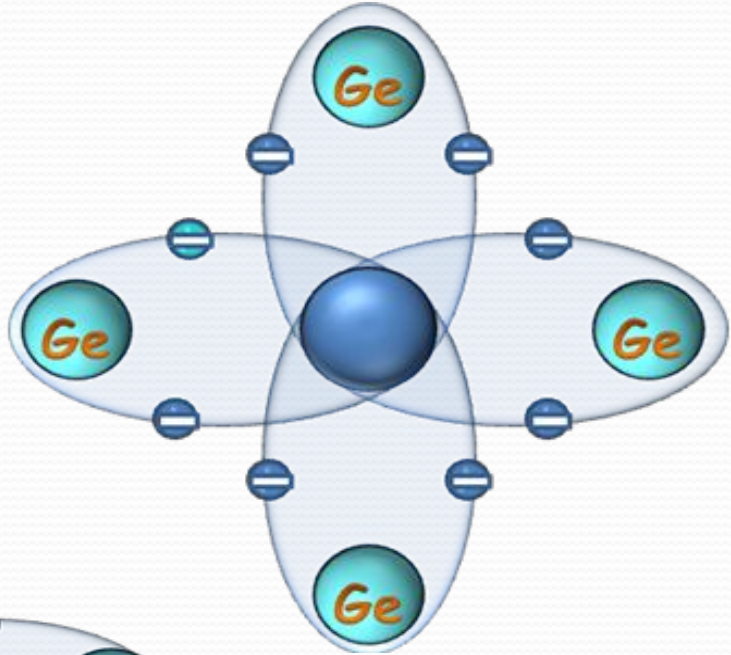
# «Дырка»

При нагревании кинетическая энергия электронов увеличивается и самые быстрые из них покидают свою орбиту. Во время разрыва связи между электроном и ядром появляется свободное место в электронной оболочке атома. В этом месте образуется условный положительный заряд, называемый «дыркой».



свободный  
электрон

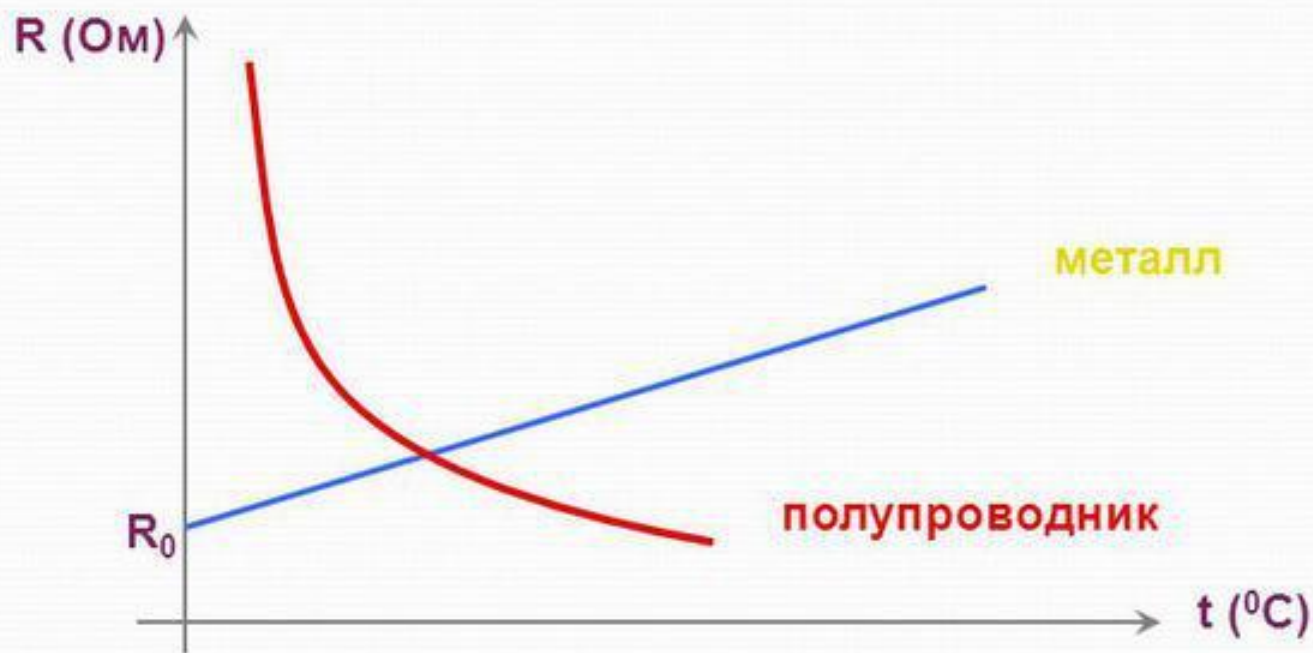
Парноэлектронная  
связь



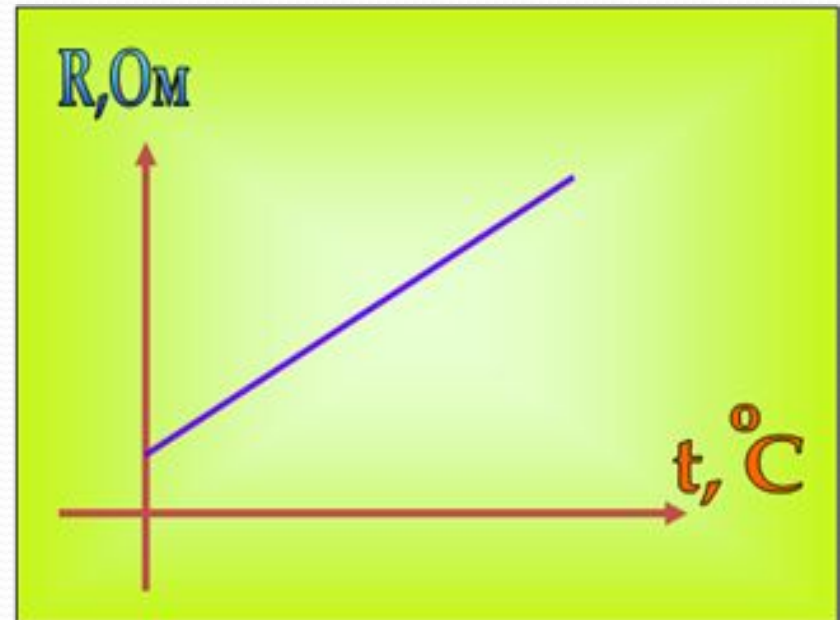
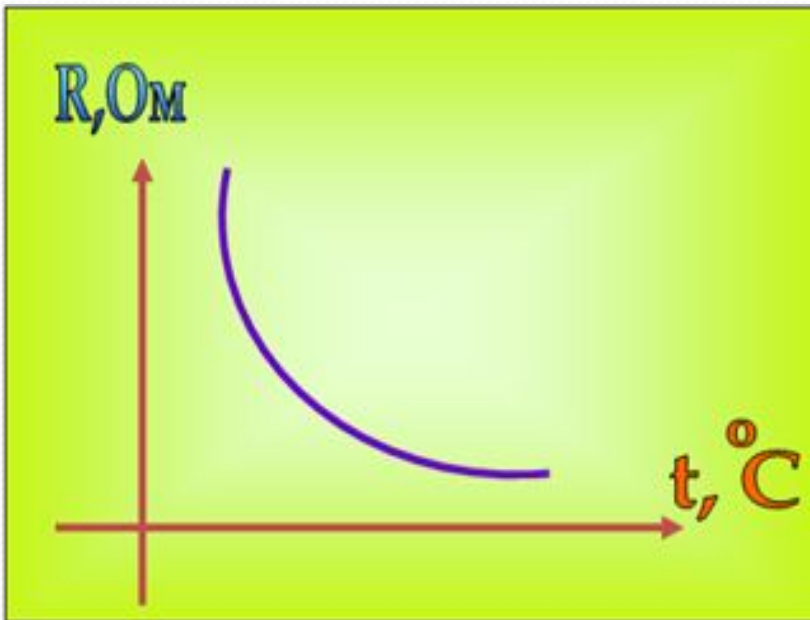
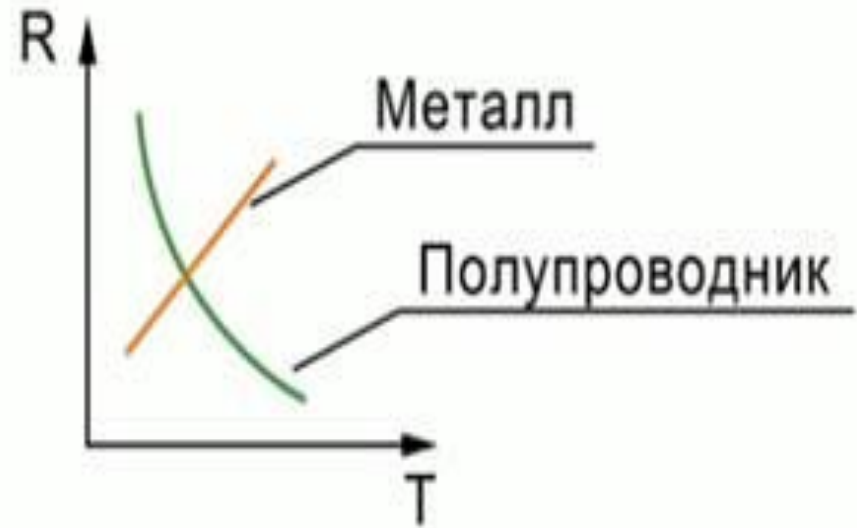


# Физические свойства полупроводников

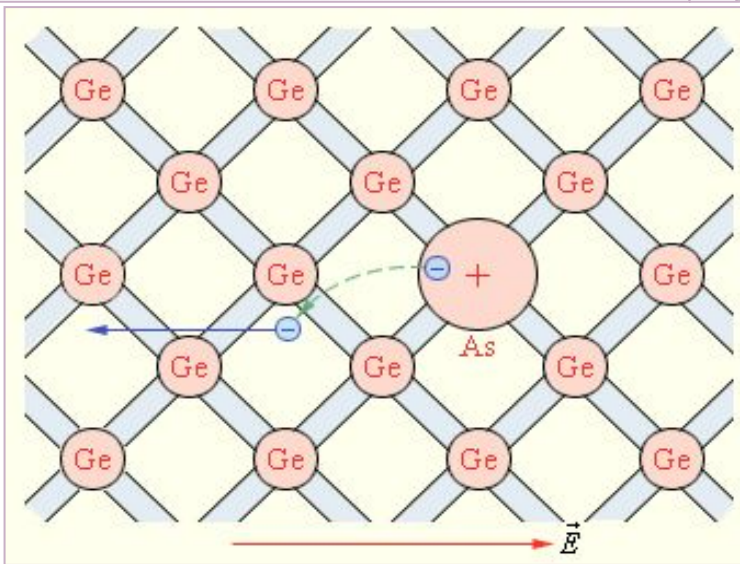
Проводимость полупроводников зависит от температуры. В отличие от проводников, сопротивление которых возрастает с ростом температуры, сопротивление полупроводников при нагревании уменьшается. Вблизи абсолютного нуля полупроводники имеют свойства диэлектриков.



# Зависимость от температуры сопротивлений проводников и полупроводников







Донорная примесь



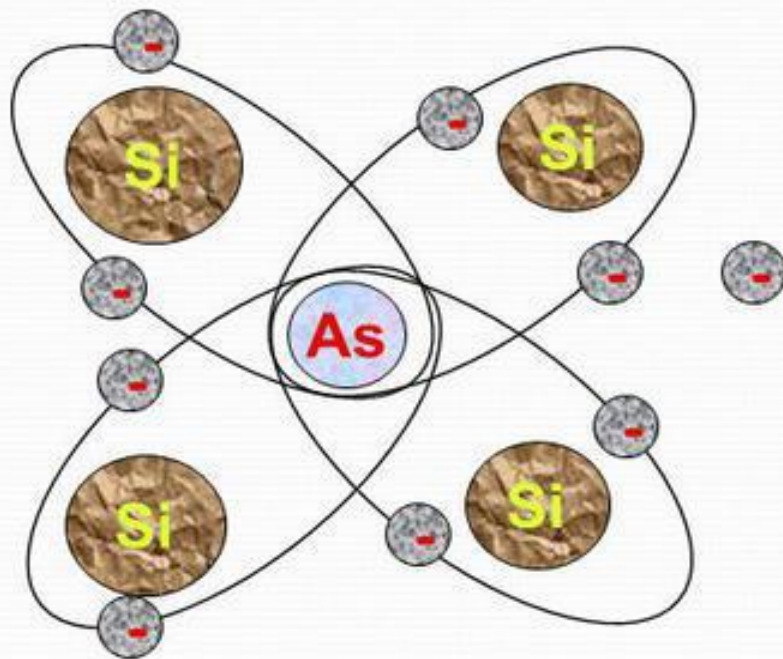
- Электронная проводимость возникает, когда в кристалл полупроводника вводят примесь с большей валентностью. В этом случае основными носителями заряда являются электроны, концентрация которых больше концентрации дырок. Полупроводник, обладающий электронной проводимостью называется полупроводником **n-типа**.

# Электронные полупроводники (n-типа)

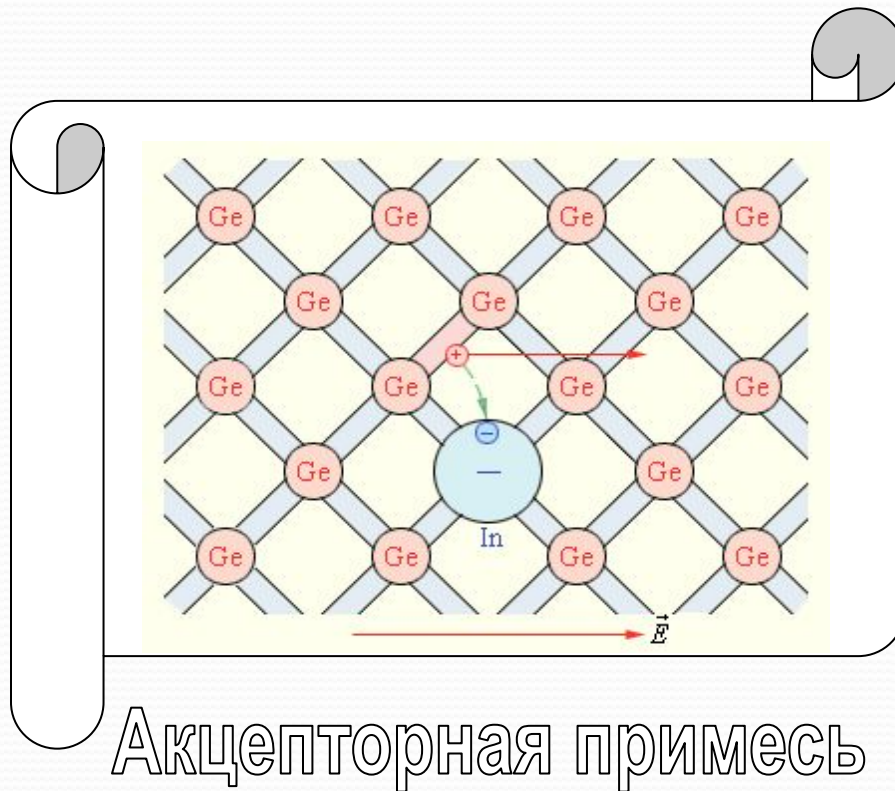
Термин «n-тип» происходит от В четырехвалентный полупроводник (например, кремний) добавляют примесь пятивалентного полупроводника (например, мышьяка). При легировании 4 - валентного кремния (Si) 5 - валентным мышьяком (As), один из 5 электронов мышьяка становится свободным. В данном случае перенос заряда осуществляется в основном электронами, т.к. их концентрация больше чем дырок. Такая проводимость называется **электронной**. Примеси, которые добавляют в полупроводники, вследствие чего они превращаются в полупроводники n-типа, называются **донорными**.

Проводимость N-полупроводников приблизительно равна:

$$\sigma \approx qN_n\mu_n$$







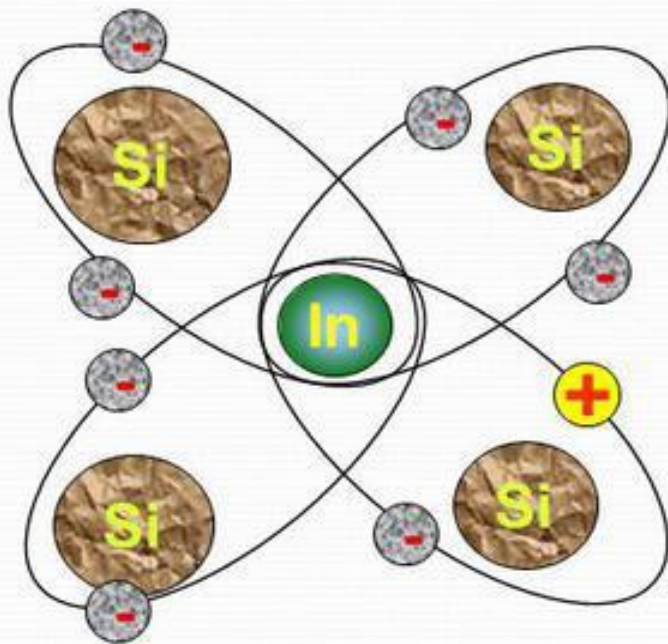
- Дырочная проводимость возникает, когда в кристалл полупроводника вводят примесь с меньшей валентностью. В этом случае основными носителями заряда являются дырки, концентрация которых больше концентрации электронов. Полупроводник, обладающий дырочной проводимостью называется полупроводником **p-типа**



# Дырочные полупроводники (р-типа)

Термин «**р-тип**» происходит от слова «positive», обозначающего положительный заряд основных носителей. В четырехвалентный полупроводник (например, в кремний) добавляют атомы трехвалентного элемента (например, индия). Примеси, которые добавляют в этом случае, называются **акцепторными**. Если кремний легировать трехвалентным индием, то для образования связей с кремнием у индия не хватает одного электрона, т.е. образуется дополнительная дырка. В таком полупроводнике **основными носителями** заряда являются **дырки**, а проводимость называется **дырочной**.

Проводимость Р-полупроводников приблизительно равна:  $\sigma \approx qN_p\mu_p$

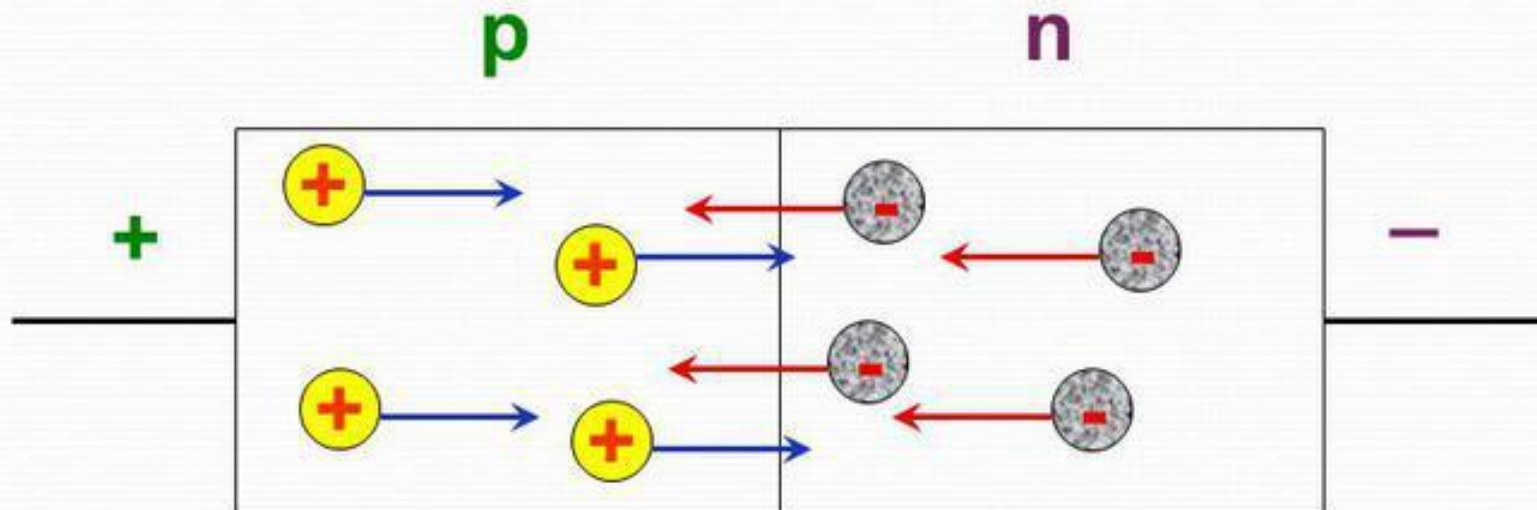




## Электронно-дырочный переход.

- В современной электронной технике полупроводниковые приборы играют исключительную роль.
- За последние три десятилетия они почти полностью вытеснили электровакуумные приборы.
- В любом полупроводниковом приборе имеется один или несколько электронно-дырочных переходов.
- *Электронно-дырочный переход* (или *n–p-переход*) – это область контакта двух полупроводников с разными типами проводимости.

# Прямое включение



Ток через  $p - n$  переход осуществляется основными носителями заряда (дырки)

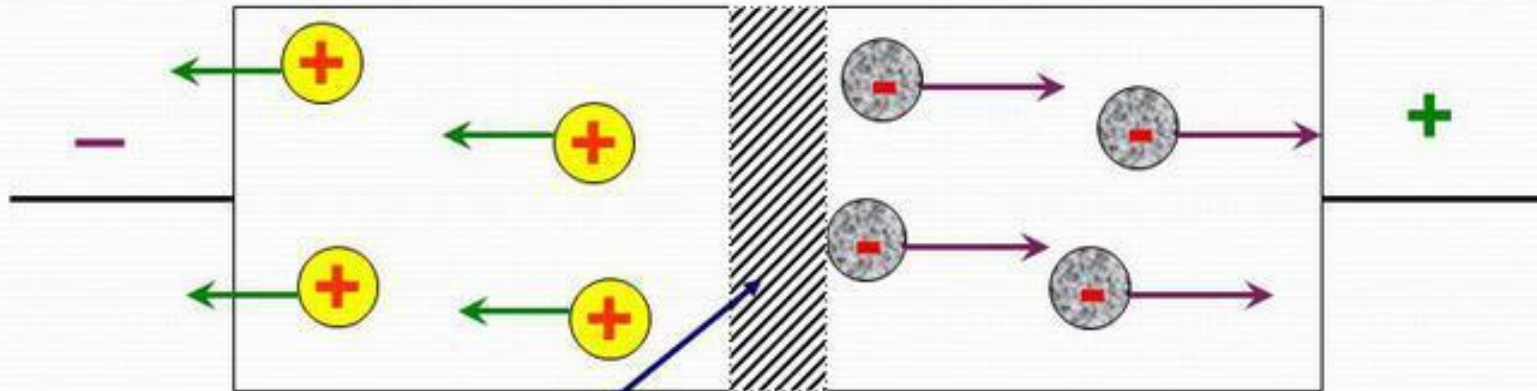
Сопротивление перехода мало, ток велик.  
(дырки – вправо, электроны – влево)



# Обратное включение

p

n



Запирающий слой

Основные носители заряда не проходят через p – n переход.

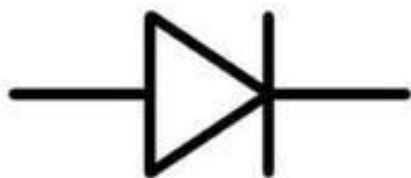
Сопротивление перехода велико, ток практически отсутствует.

# Диод

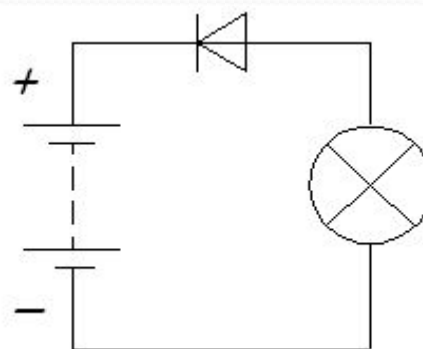
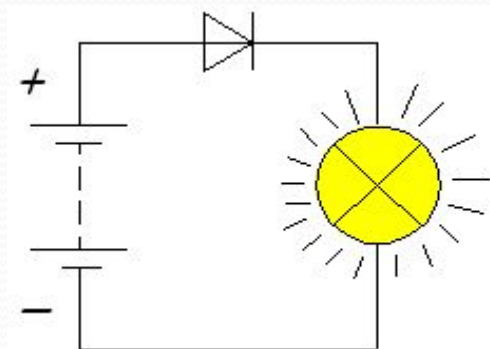
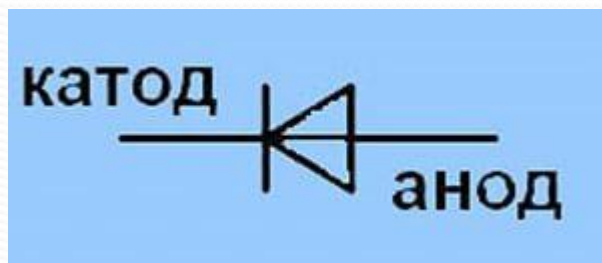
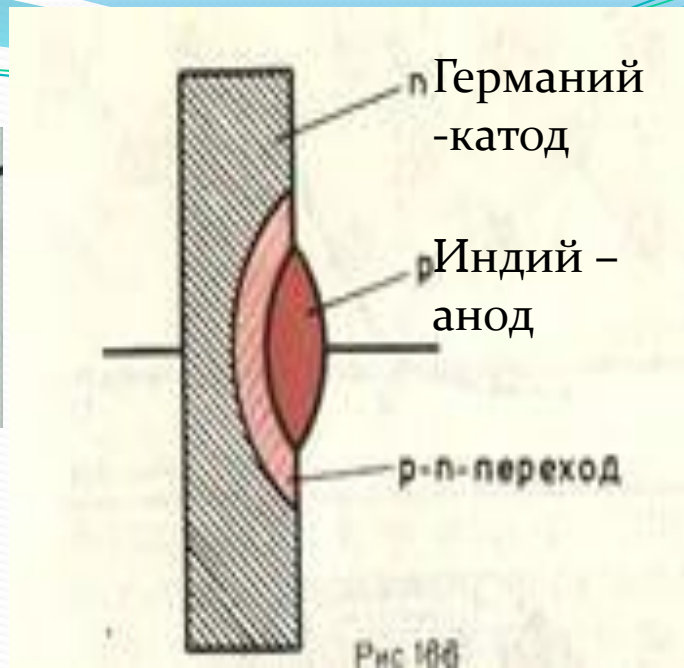
Полупроводниковый диод — полупроводниковый прибор с одним электрическим переходом и двумя выводами (электродами).

В отличие от других типов диодов, принцип действия полупроводникового диода основывается на явлении р-п-перехода.

Впервые диод изобрел Джон Флемминг в 1904 году.



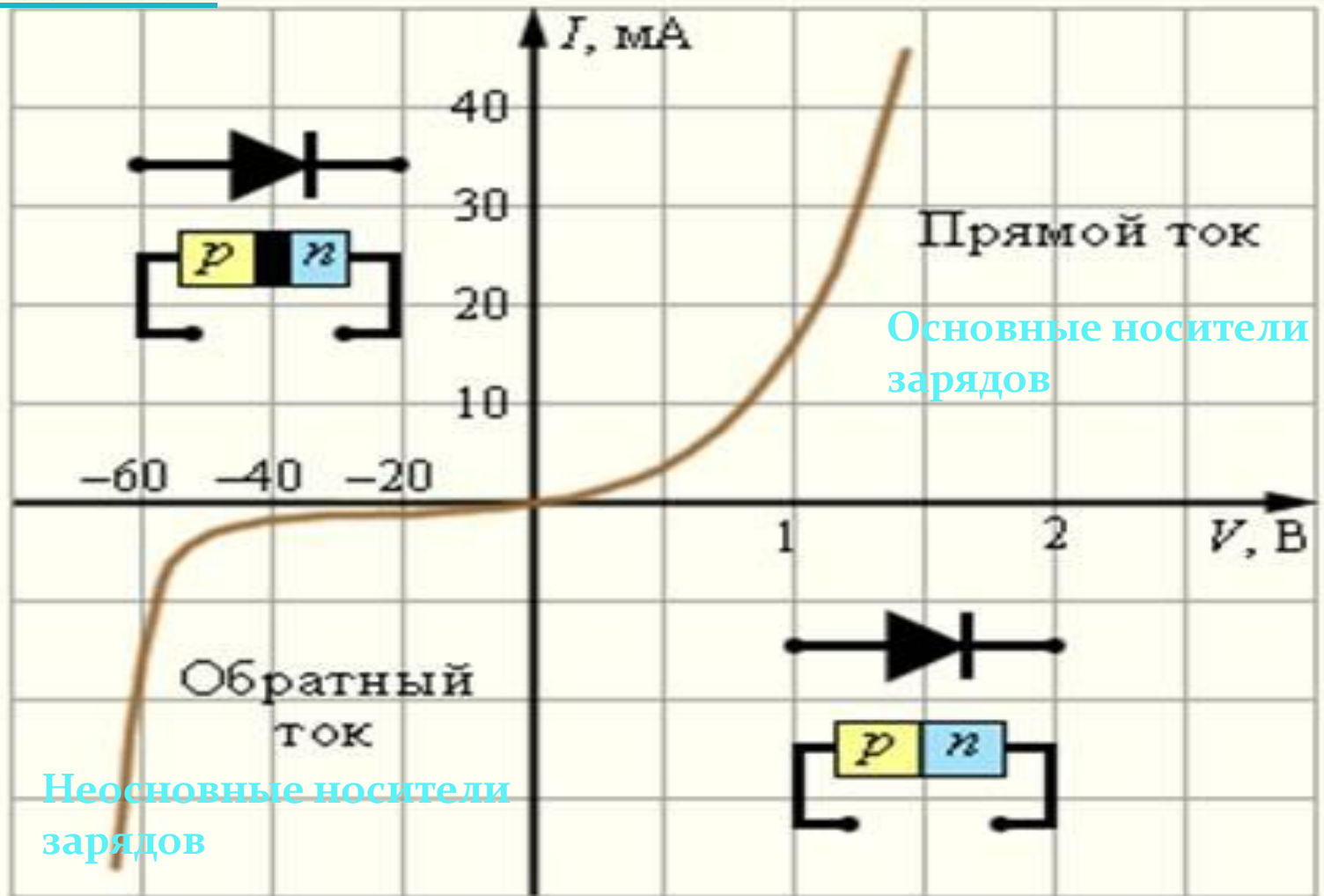
# Полупроводниковый диод



**Главное свойство – односторонняя проводимость. Используется для выпрямления слабых токов в радиоприемниках, телевизорах, и сильных токов в ЭД трамваев, электровозов.**

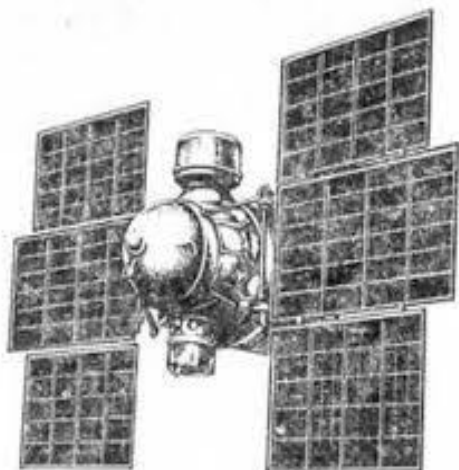
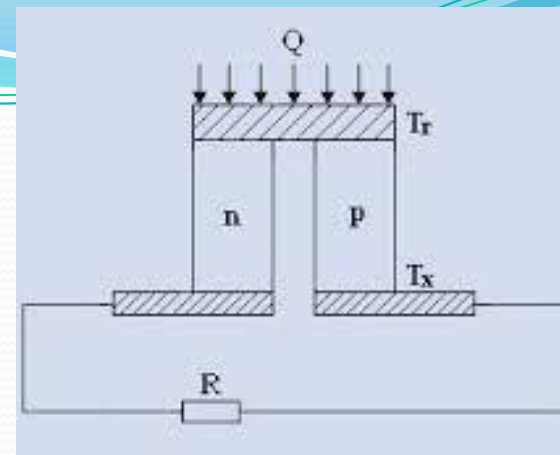


# Принцип работы полупроводникового устройства



Виды диодов – плоскостные и точечные. Достоинства: Малые размеры и масса, высокий к.п.д., прочны.

# Применение фотоэлементов

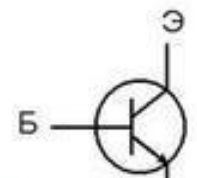
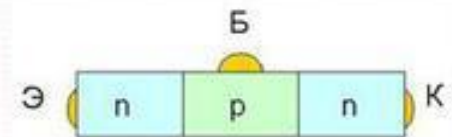
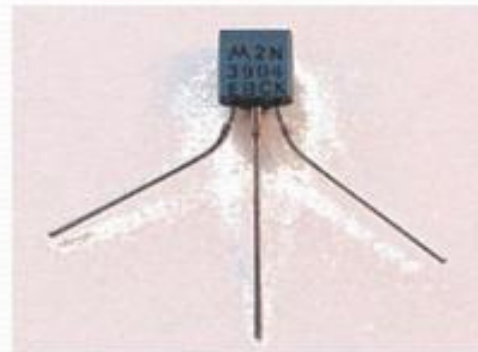


# Транзистор

электронный прибор из полупроводникового материала, обычно с тремя выводами, позволяющий входным сигналам управлять током в электрической цепи.

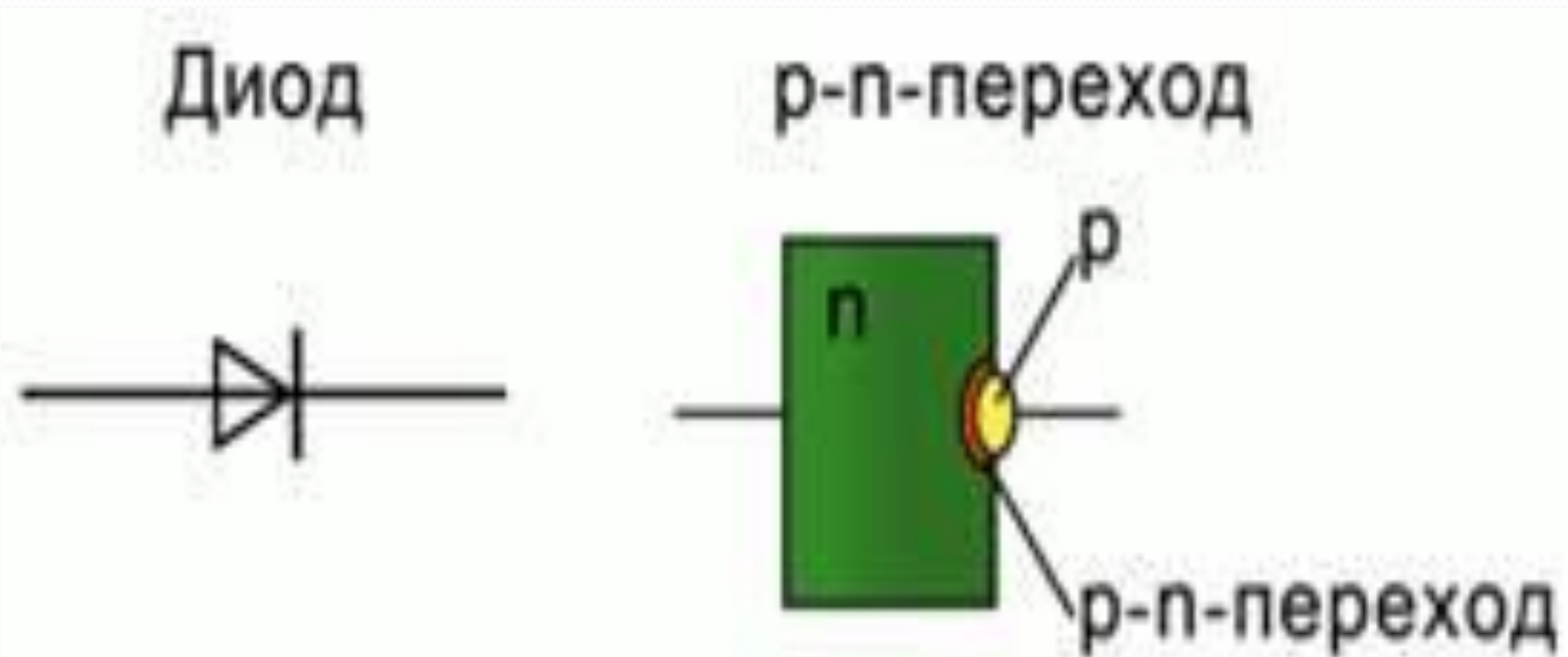
Обычно используется для усиления, генерирования и преобразования электрических сигналов.

В 1947 году Уильям Шокли, Джон Бардин и Уолтер Браттейн в лабораториях Bell Labs впервые создали действующий биполярный транзистор.





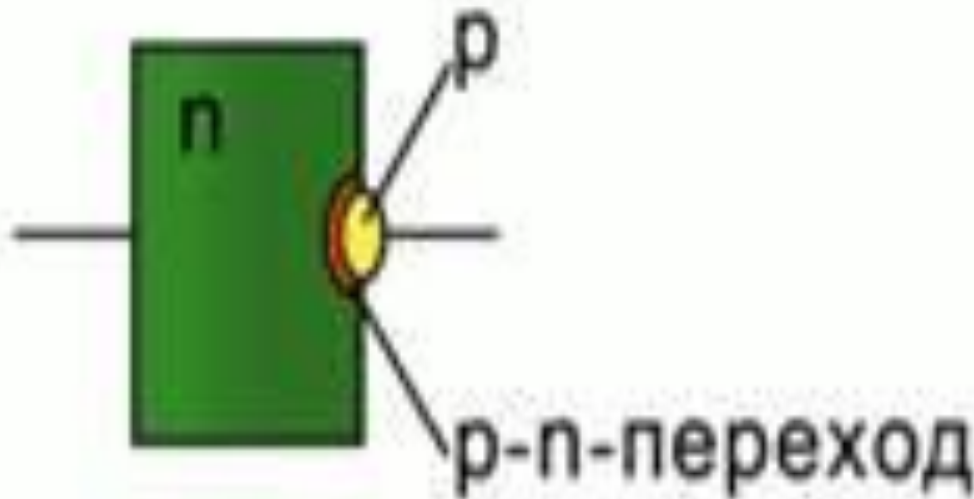
- Малые размеры и очень большое качество пропускаемых сигналов сделали полупроводниковые приборы очень распространенными в современной электронной технике. В состав таких приборов может входить не только вышеупомянутый кремний с примесями, но и, например, германий.
- Одним из таких приборов является диод – прибор, способный пропускать ток в одном направлении и препятствовать его прохождению в другом. Он получается вживлением в полупроводниковый кристалл р- или n-типа полупроводника другого типа



Обозначение диода на схеме и схема его устройства соответственно

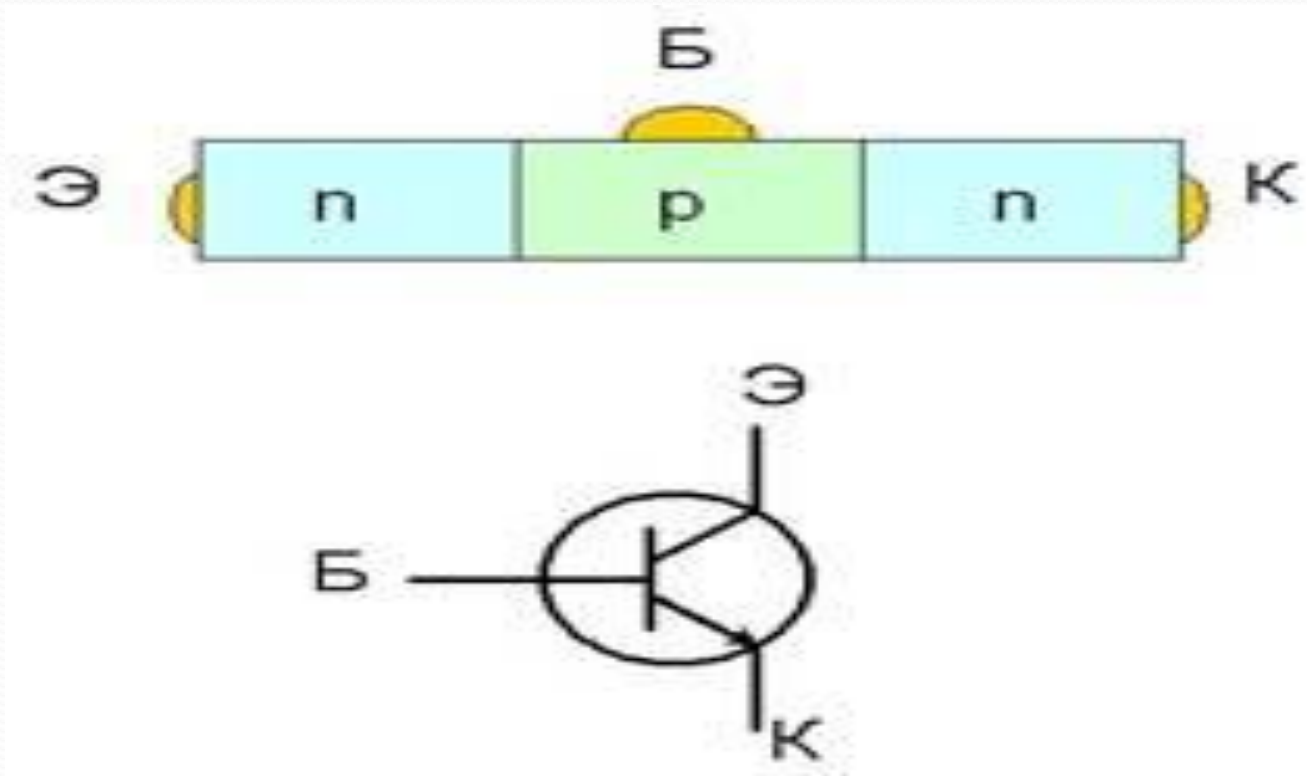
Диод

p-n-переход



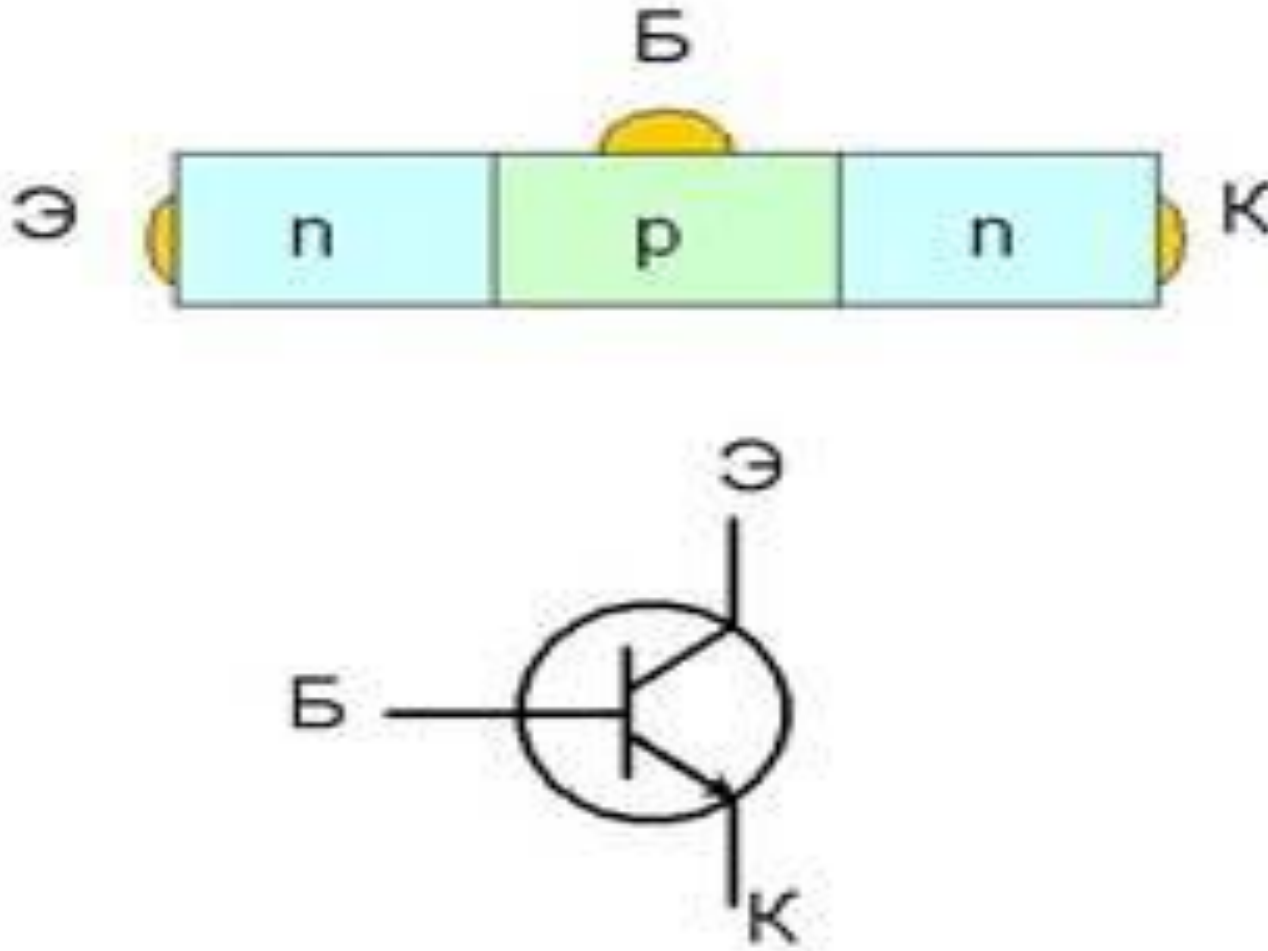
Обозначение диода на схеме и схема его устройства соответственно

Другим прибором, теперь уже с двумя р-п переходами, называется транзистор. Он служит не только для выбора направления пропускания тока, но и для его преобразования. Следует отметить, что в современных микросхемах используется множество комбинаций диодов, транзисторов и других электрических приборов.



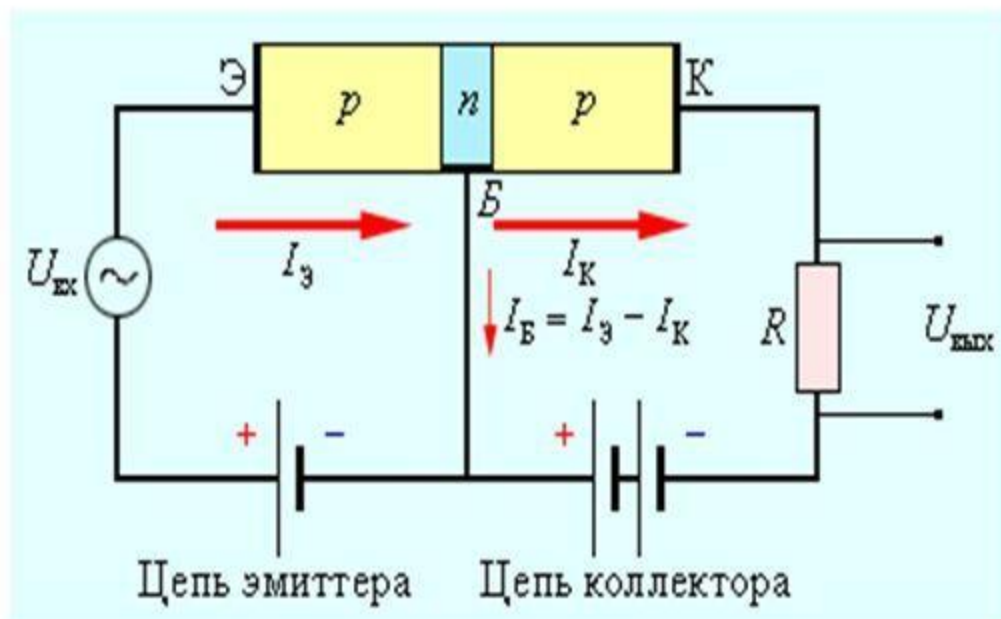
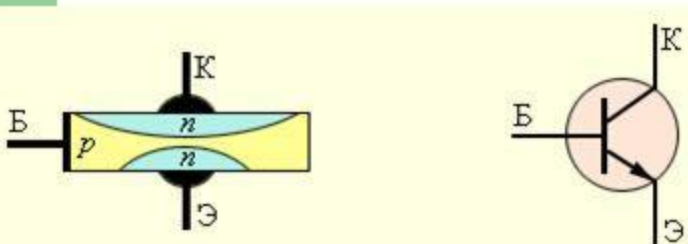
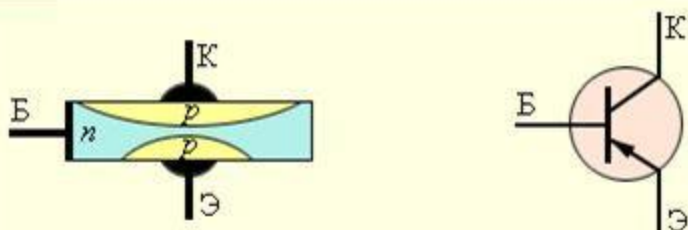
- Схема строения транзистора и его обозначение на электрической схеме соответственно





- Схема строения транзистора и его обозначение на электрической схеме соответственно

# Транзистор



Б- БАЗА. Э- ЭМИТТЕР  
К-КОЛЛЕКТОР







## Сегодня на уроке.



Что такое полупроводник?

Откуда взялись электроны и дырки?

Что получится при добавлении мышьяка в германий?

Полупроводники идут на контакт.

Односторонняя проводимость – не только на дорогах.

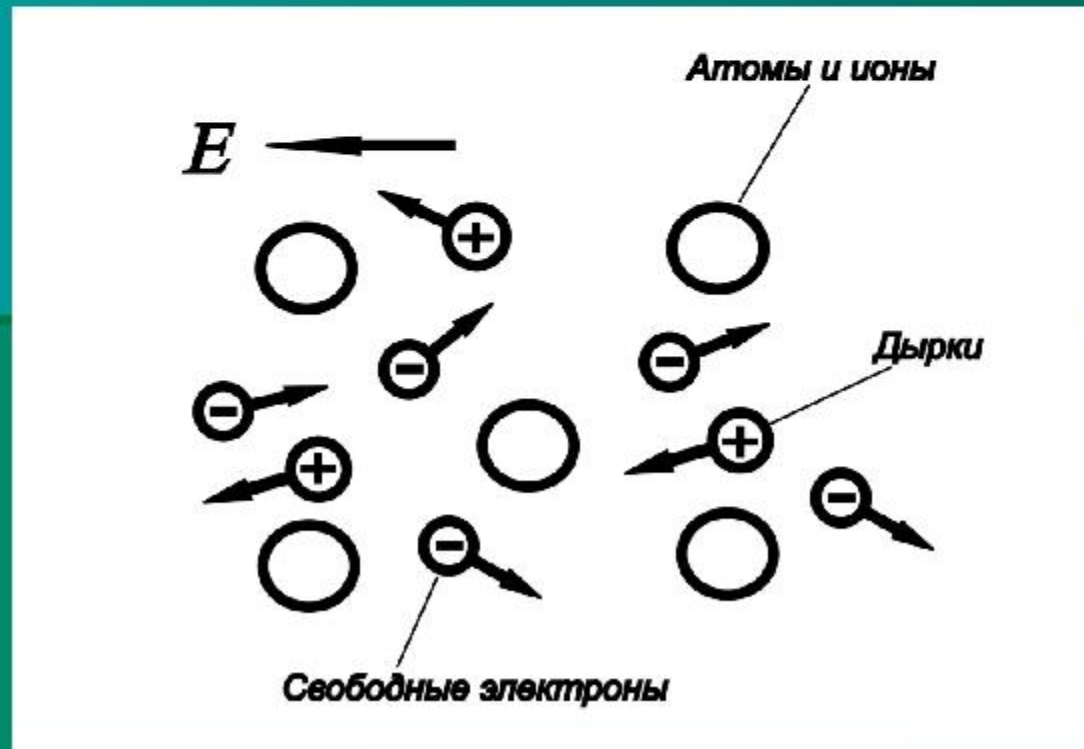
Диоды, транзисторы, светодиоды, фотоэлементы.

где с ними встречаемся?



- Что такое полупроводник? Откуда взялись электроны и дырки? Что получится при добавлении мышьяка в германий? Полупроводники идут на контакт. Односторонняя проводимость – не только на дорогах. Диоды, транзисторы, светодиоды, фотоэлементы – где с ними встречаемся? **Сегодня на уроке** .

К полупроводникам относится ряд материалов, находящийся между металлами и диэлектриками (изоляторами). Носителями заряда в полупроводниках являются свободные электроны и «дырки» («дыркой» называют перемещающееся место в кристалле с недостатком одного электрона).





# ПОЛУПРОВОДНИКИ



# Полупроводники нужны как воздух



- В 1947 году, в компании Bell «родился» первый в мире транзистор – полупроводниковый усилительный элемент. Событие ознаменовало собой переход электроники из громоздких вакуумных труб на более компактные и экономичные полупроводники. Начался новый виток цивилизации, получивший название «кремниевый век».
- В наше время полупроводники находят применение повсеместно: в домах, на дне океана, на Марсе и у Плутона.



# Задания для самоконтроля

1. Какими носителями электрического заряда создается ток в металлах и в чистых полупроводниках?

- А. И в металлах, и в полупроводниках только электронами.
- Б. В металлах только электронами, в полупроводниках только «дырками».
- В. В металлах только электронами, в полупроводниках электронами и «дырками».
- Г. В металлах и полупроводниках ионами.

2. Какой тип проводимости преобладает в полупроводниках с примесями?

- А. Электронная. Б. Дырочная. В. В равной степени электронная и дырочная.
- Г. Ионная.

3. Как зависит сопротивление от температуры в металлах и в полупроводниках?

- А. В металлах увеличивается, а в полупроводниках уменьшается с ростом температуры.
- Б. В металлах уменьшается, а в полупроводниках увеличивается с ростом температуры.
- В. В металлах не изменяется, а в полупроводниках уменьшается с изменением температуры.
- Г. В металлах увеличивается с изменением температуры, а в полупроводниках не изменяется.

4. Применяется ли закон Ома для тока в полупроводниках и в металлах?

- А. Для тока в полупроводниках применяется, а для тока в металлах нет.
- Б. Для тока в металлах применяется, а для тока в полупроводниках нет.
- В. Применяется и для тока в металлах, и для тока в полупроводниках.
- Г. Не применяется ни в каком случае.

1.В 2.А 3.А 4.Б 5.Г