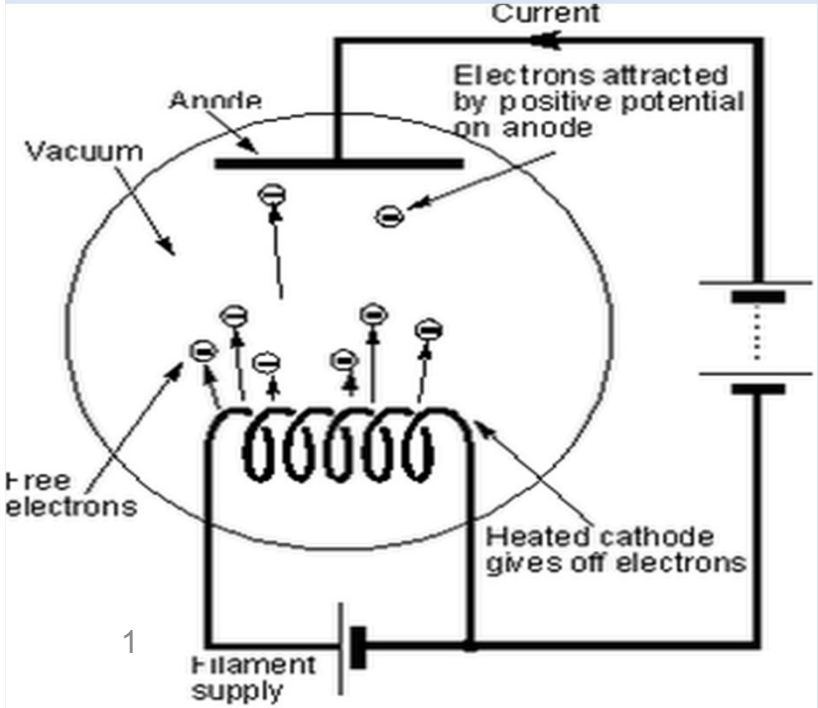
علم الالكترونيات Electronics

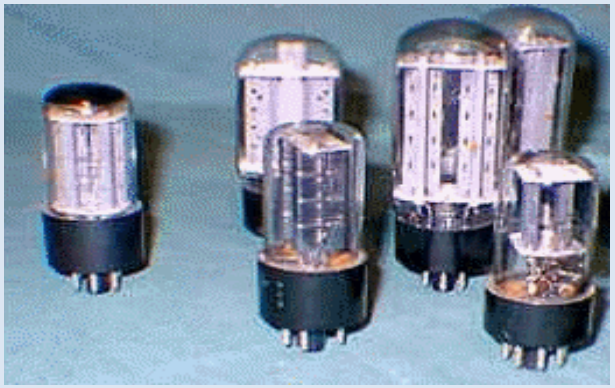
- ظهر علم الإلكترونيات في 1882م مع ظهور أثر أديسون Edison effect

ظهر تيار كهربائي من حركة سيل من الالكترونات في الفراغ بين الكاثود الساخن و الانود داخل الصمام المفرغ

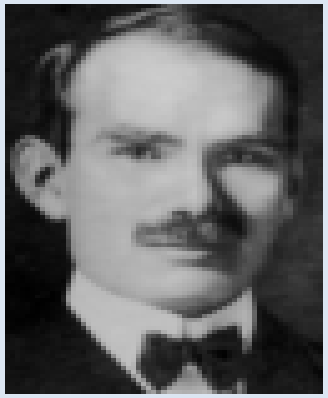


أطلق على هذا التيار الذي يسري خارج الموصل مسمى التيار الالكتروني تمييزاً له عن التيار الكهربائي الذي يسري داخل المادة الموصلة

علم الالكترونيات Electronics



عام 1904 م قدم فلمنغ Fleming أول معدل الكتروني (الدايود) أو ما يعرف بالصمام الثنائي

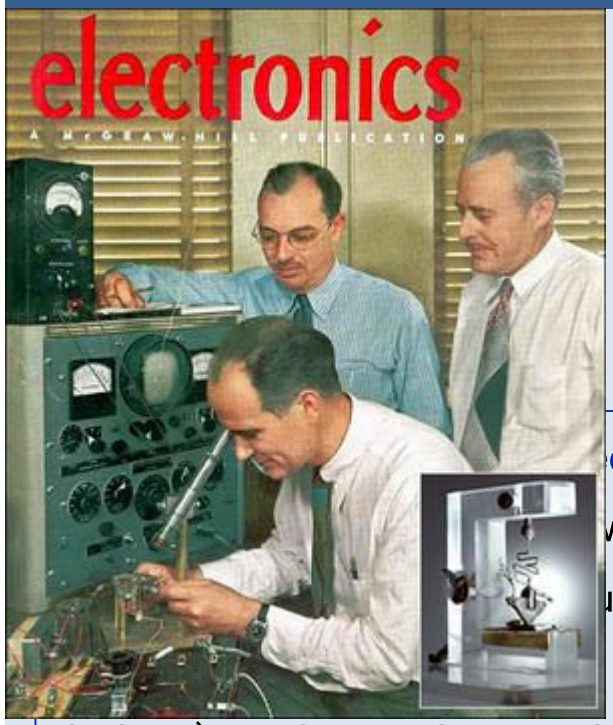


عام 1912م قدم فورست Forest الصمام الثلاثي الذي استخدم شبكة يمكنها التحكم في التيار،وجعل من الممكن صنع الراديو.

man changing one of 18,000 tubes

أصبحت الصمامات أساس لاختراع الأجهزة الالكترونية مثل التلفاز والراديو والتي كان حجمها كبير بسبب استخدام هذه الصمامات.

Semiconductors Electronic الكترونيات أشباه الموصلات



عام 1948م تم تصنيع أول ترانزستور transistor من قبل العلماء الثلاثة.

"The first transistor ever assembled, invented in Bell Labs in 1947."

rey W. A. Dummer, a

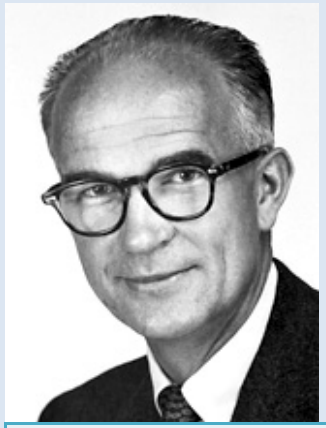
hroughout the 1950s,

he total semiconductor

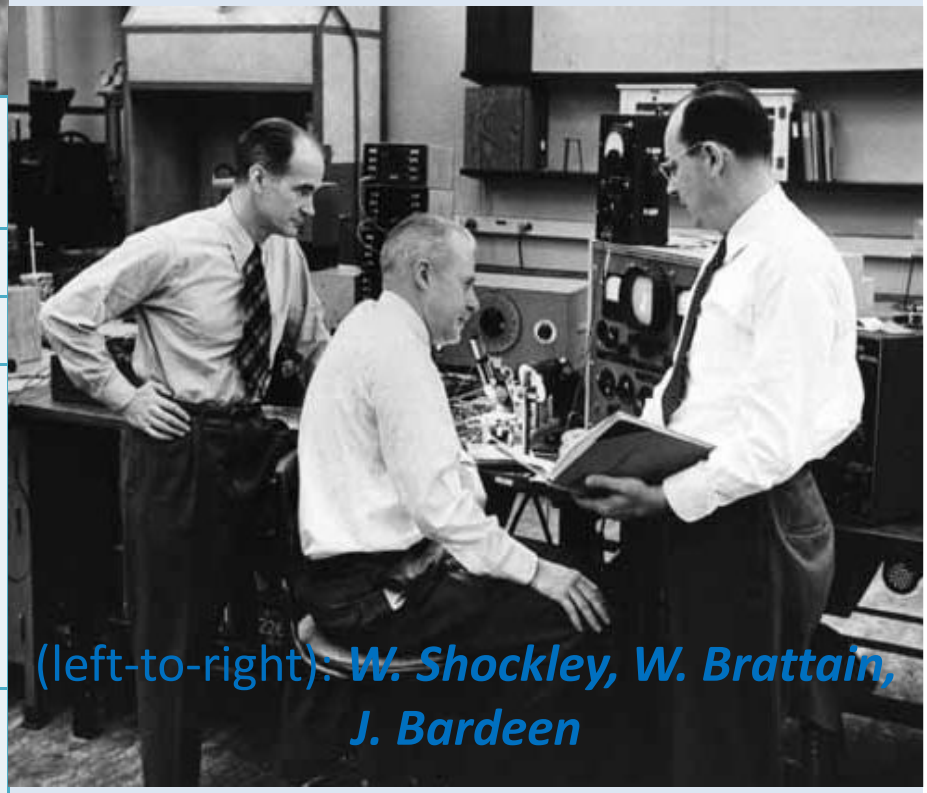
s and diodes (active

devices) and capacitors and unit or chip. By 1961, integrated circuits were in ful designs of equipment changed rapidly and in severa Bipolar transistors and digital integrated circuits were integration (LSI), and very-large-scale integration (consists of thousands of circuits with on-and-off on a single chip. Microcomputers, medical equi tion satellites are only y integrated circuits.

Semiconductors Electronic الكترونيات أشباه الموصلات



William Shockley	John Bardeen	Walter Houser Brattain
1/3 of the prize	1/3 of the prize	1/3 of the prize
USA	USA	USA
Semiconductor Laboratory of Beckman Instruments, Inc. Mountain View, CA, USA	University of Illinois Urbana, IL, USA	Bell Telephone Laboratories Murray Hill, NJ, USA
b. 1910 d. 1989	b. 1908 d. 1991	b. 1902 d. 1987



(left-to-right): ***W. Shockley, W. Brattain, J. Bardeen***

solids الجوامد (المواد الصلبة)

- Insulators
- Metals
- Semiconductors
- Superconductors

Technology of the 19th century

Technology of the 20th century

Technology of the 21st century?

نطاقات الطاقة في المواد الصلبة Energy Bands in Solids

1) الالكترونات تدور حول النواة في مستويات محددة الطاقة.

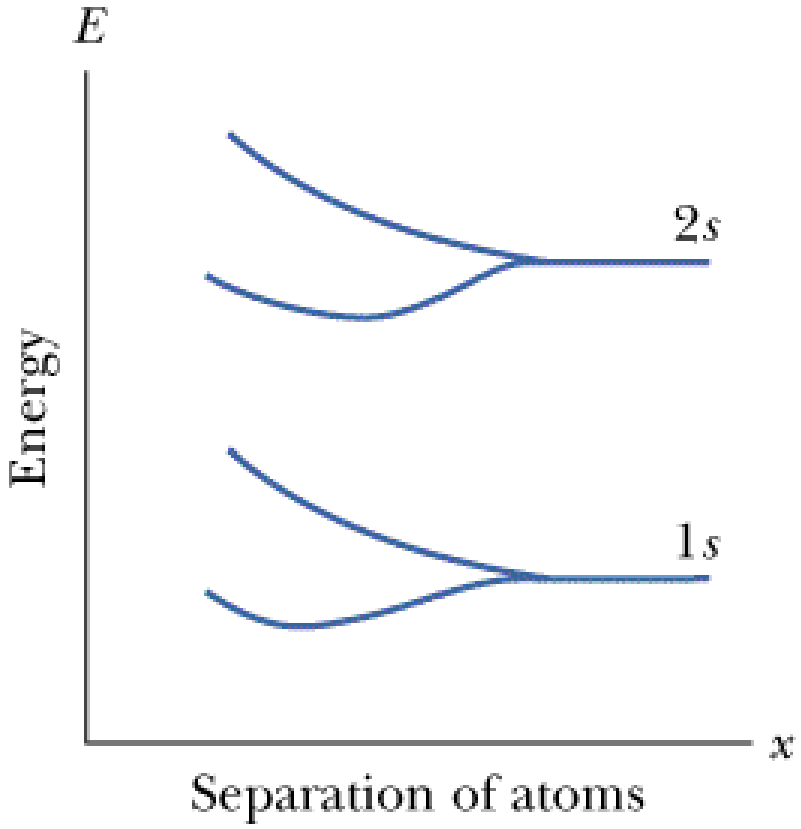
2) المستوى الأول للطاقة (الأقرب للنواة) يمتلك أقل طاقة وكلما زاد بعد المستوى عن النواة زادت طاقته.

3) نتيجة تجمع الذرات تتداخل مستويات طاقة كل ذرة مع الذرات الأخرى في البلورة وينتج عن ذلك حزم أو نطاقات أو أشرطة للطاقة.

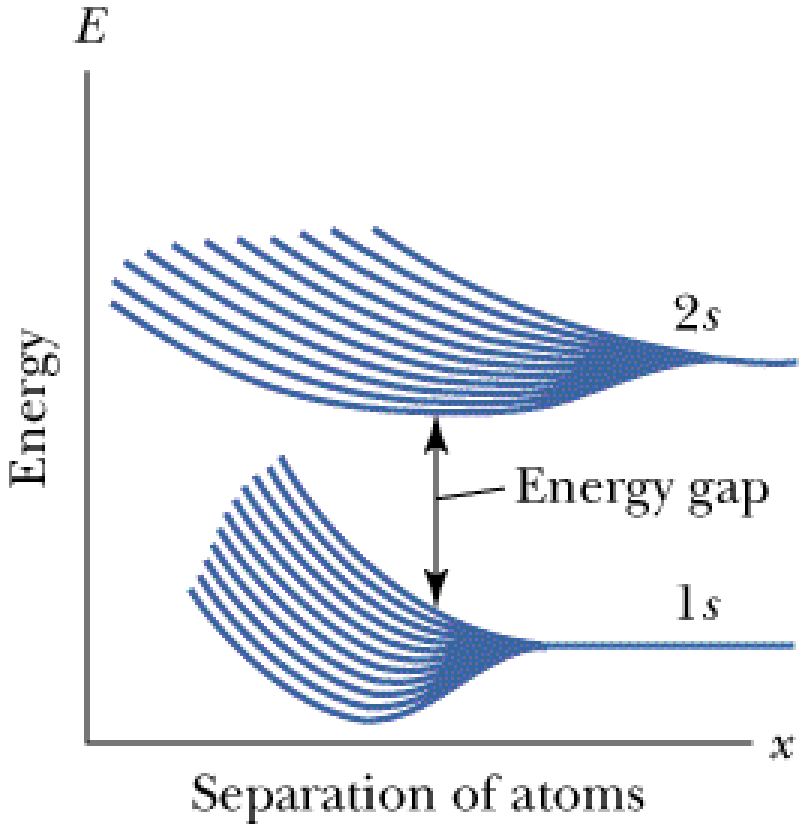
4) كل نطاق يحوى مجموعة من مستويات الطاقة المتقاربة التي تكون فروق الطاقة بينها صغيرة جدا.

5) يوجد بين نطاقات الطاقة فجوات لا يوجد بها مستويات طاقة أو الكترونات.

In a crystal, electrons in the same orbit do not have the same energy and thus form energy bands



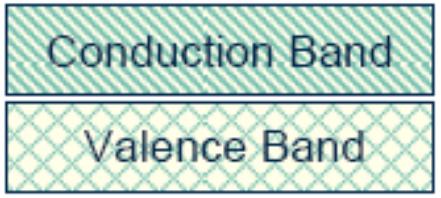
(a)



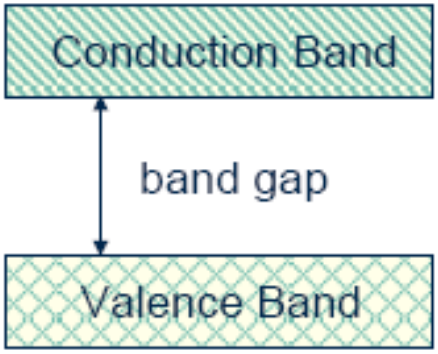
(b)

Band gap فجوة النطاق

- **Metal**
  - negligible band gap or overlap

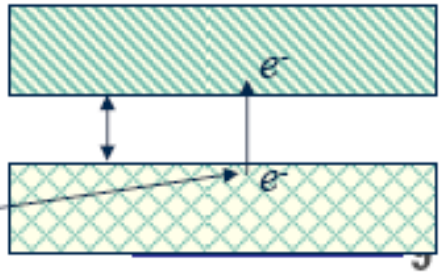


- **Insulator**
  - large band gap, ~ 8 eV

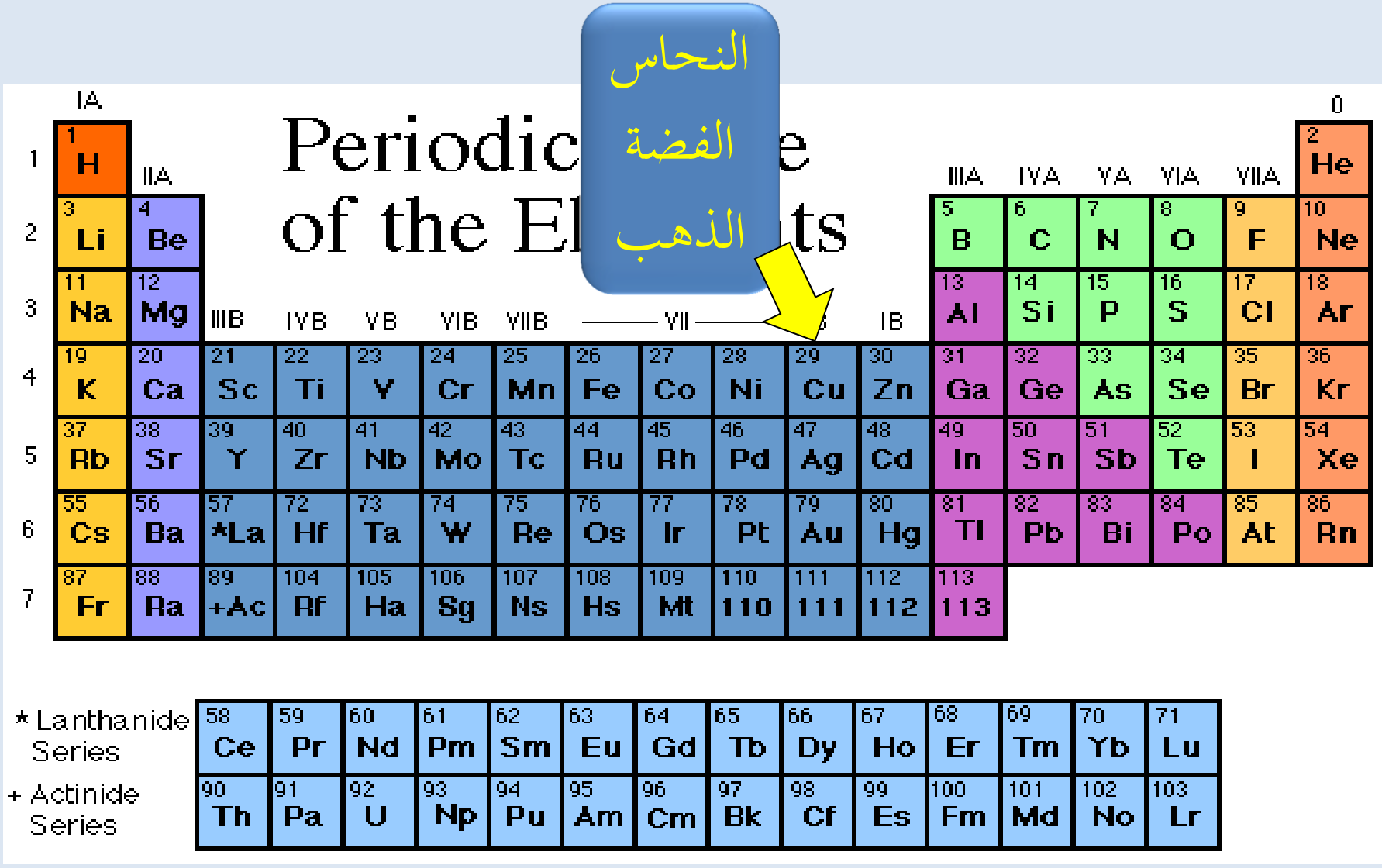


- **Semiconductor**
  - medium sized gap, ~ 1 eV

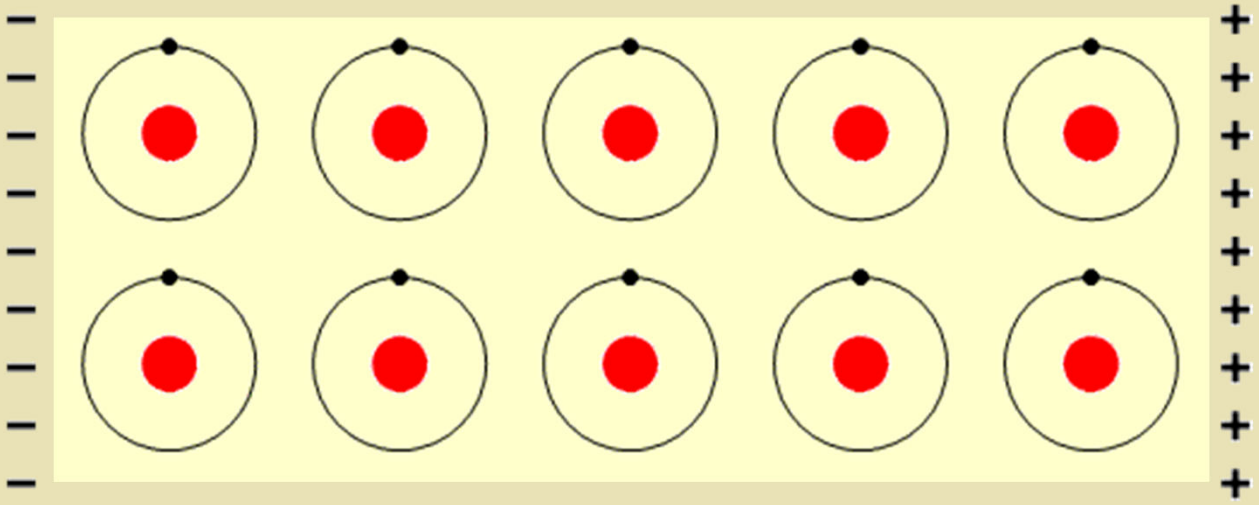
    Electrons can gain energy from lattice (phonon) or photon to become "free"



Conductors الموصلات



Conductors



Conductors have loosely bound electrons in their outer shell

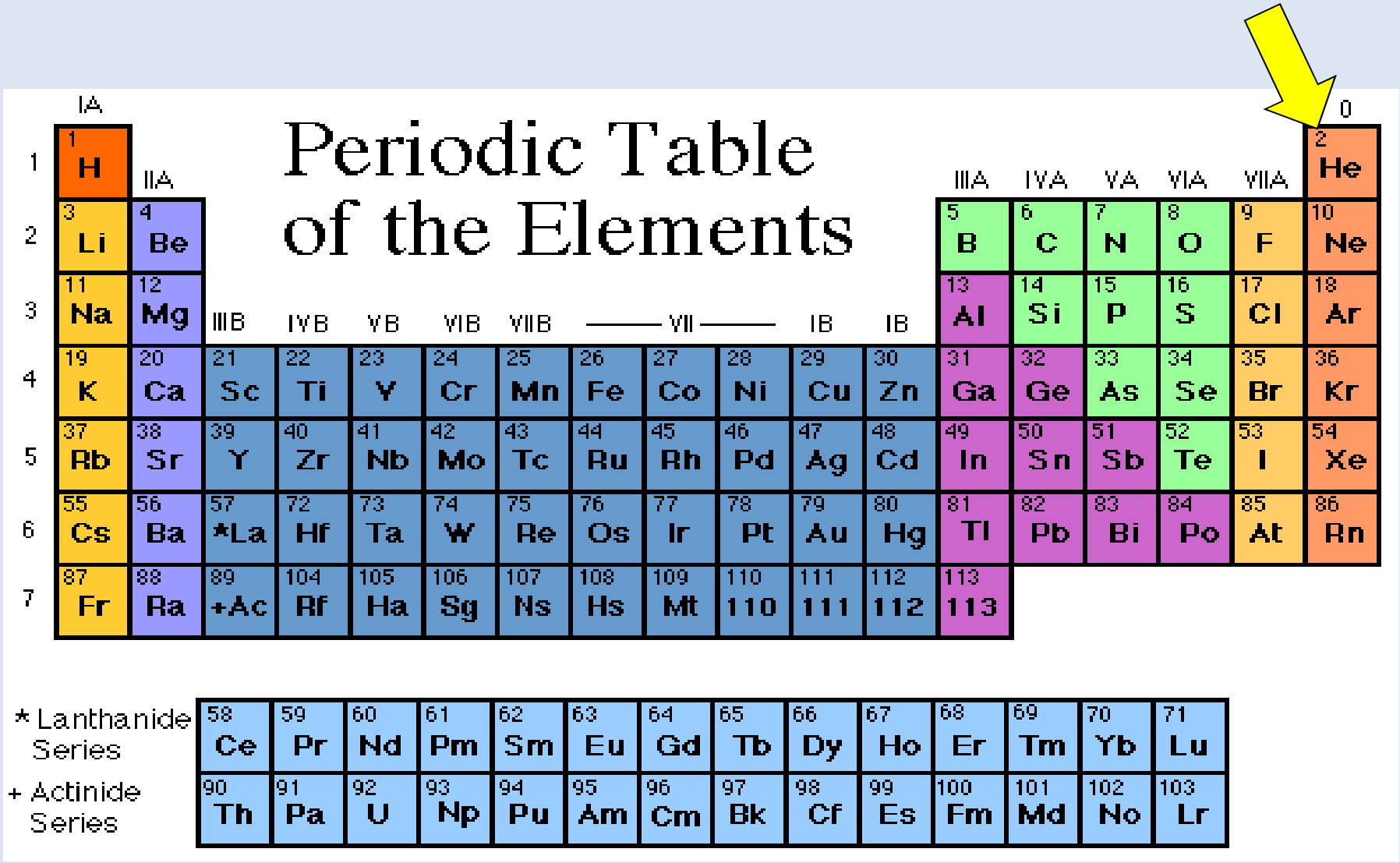
These electrons require a small amount of energy to free them for conduction

Let's apply a potential difference across the conductor above…

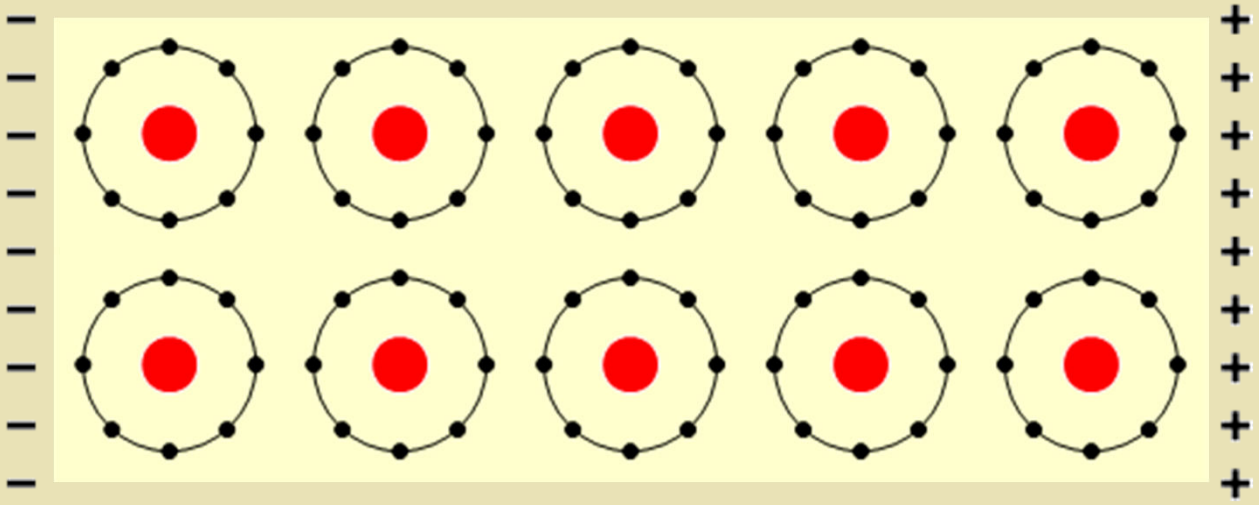
The force on each electron is enough to free it from its orbit and it can jump from atom to atom – the conductor conducts

Conductors are said to have a low resistivity / resistance

Insulators العوازل



Insulators



Insulators have tightly bound electrons in their outer shell

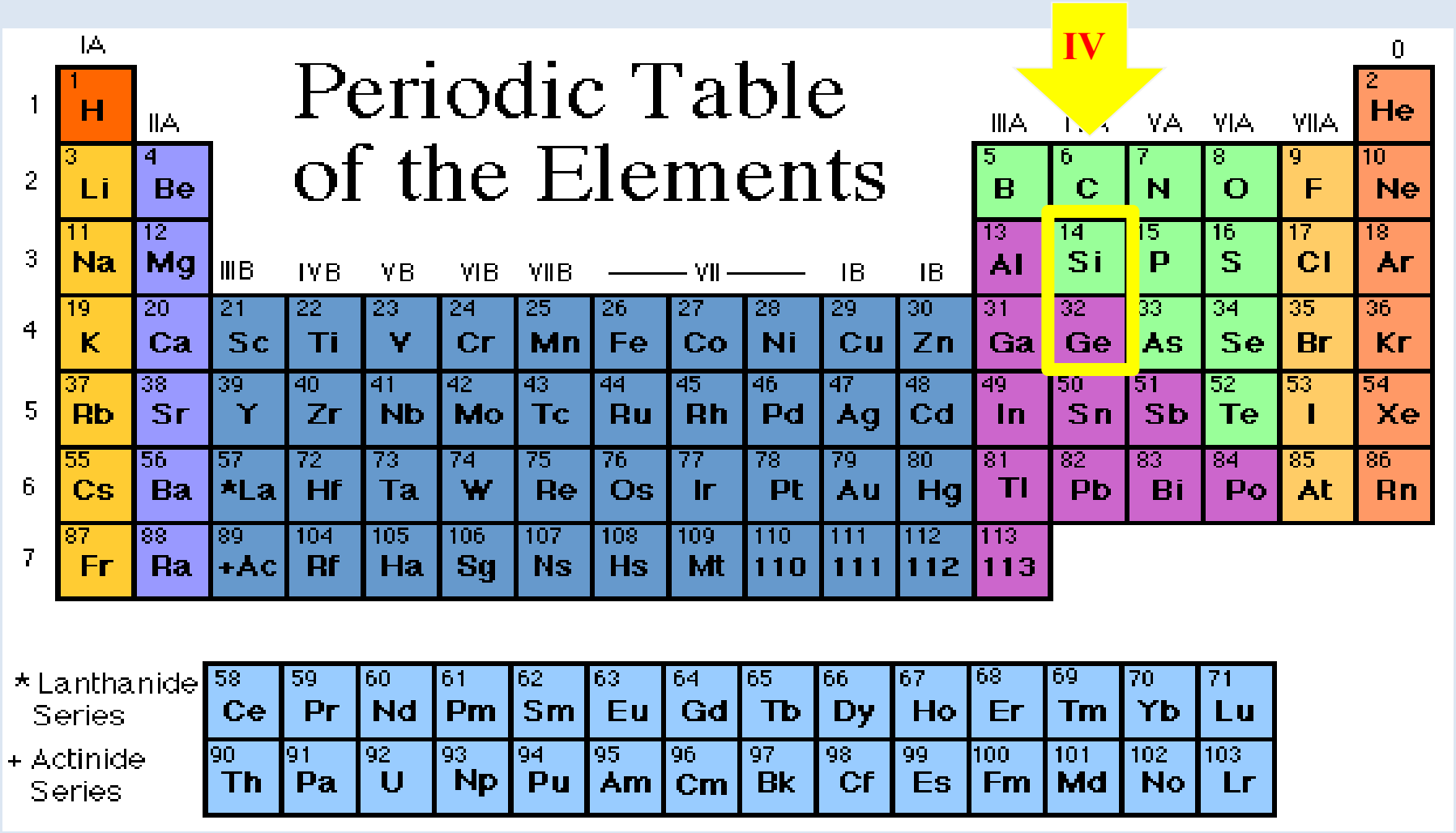
These electrons require a very large amount of energy to free them for conduction

Let's apply a potential difference across the insulator above…

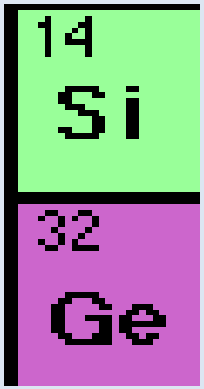
The force on each electron is not enough to free it from its orbit and the insulator does not conduct

Insulators are said to have a high resistivity / resistance

Semiconductors أشباه الموصلات



Semiconductors أشباه الموصلات



الجرمانيوم و السيليكون من أهم أشباه الموصلات المستخدمة في تصنيع العناصر الالكترونية

لكي تصل إلى الاستقرار لابد أن يكون في مدارها الأخير 8 الكترونات.

اكتبي التوزيع الالكتروني للسيليكون والجرمانيوم.

Shell	K	L		M			N			
Sub-shell/state	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f
Numbers of electrons	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14
Symbol	$1s^2$	$2s^2$	$2p^6$	$3s^2$	$3p^6$	$3d^{10}$	$4s^2$	$4p^6$	$4d^{10}$	$4f^{14}$
Total numbers of electrons in shell	2	8		18			32			

For certain shell, there are sub-shells named as s, p, d and f.

n	Shell / Sub-shell	s	p	d	f	
1	K	1s				2
2	L	2s	2p			8
3	M	3s	3p	3d		18
4	N	4s	4p	4d	4f	32
5	O	5s	5p	5d	5f	32
6	P	6s	6p	6d		18
7	Q	7s	7p			8

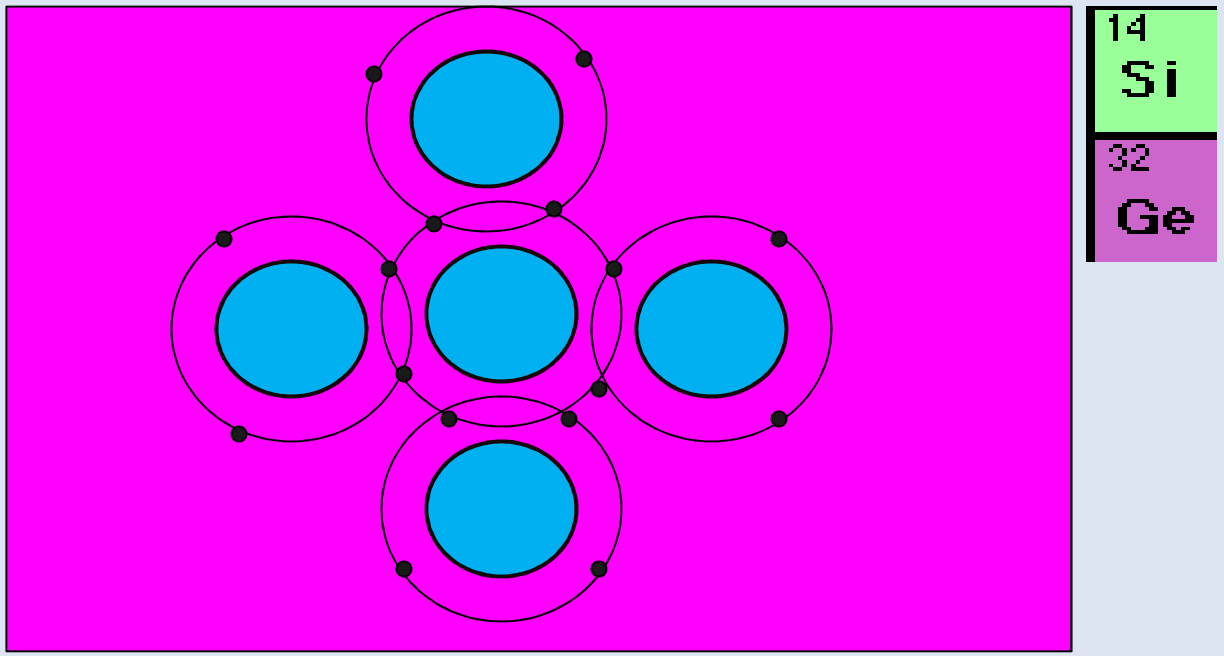
أشباه الموصلات Semiconductors

هي مواد تملك خواص كهربائية متوسطة بين الموصلات والعوازل.

أفضل أشباه الموصلات هي التي تملك أربع الكترونات تكافؤ في مدارها الأخير.

أشباه الموصلات النقية Intrinsic semiconductors

ترتبط كل ذرة مع أربع ذرات مجاورة بروابط تساهمية

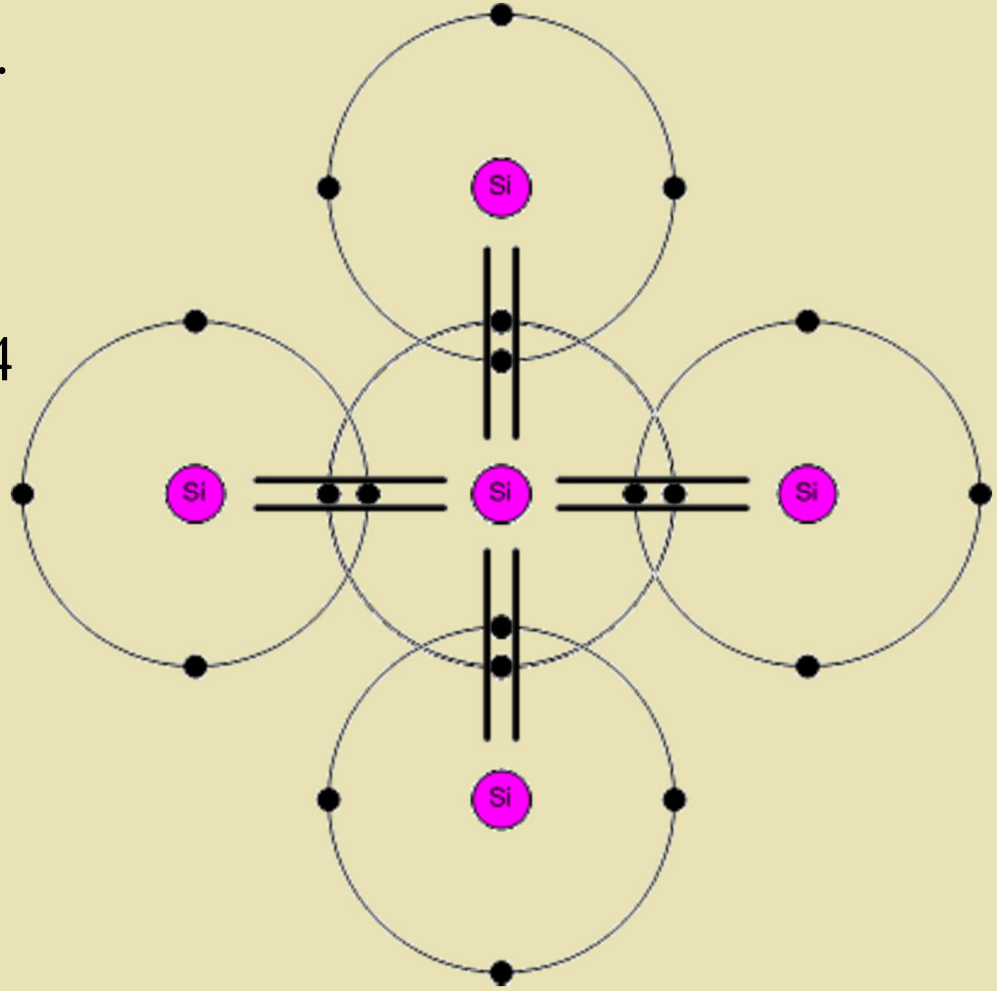


The Silicon, Si, Atom

Silicon has a valency of 4 i.e. 4 electrons in its outer shell

Each silicon atom shares its 4 outer electrons with 4 neighbouring atoms

These shared electrons – bonds – are shown as horizontal and vertical lines between the atoms

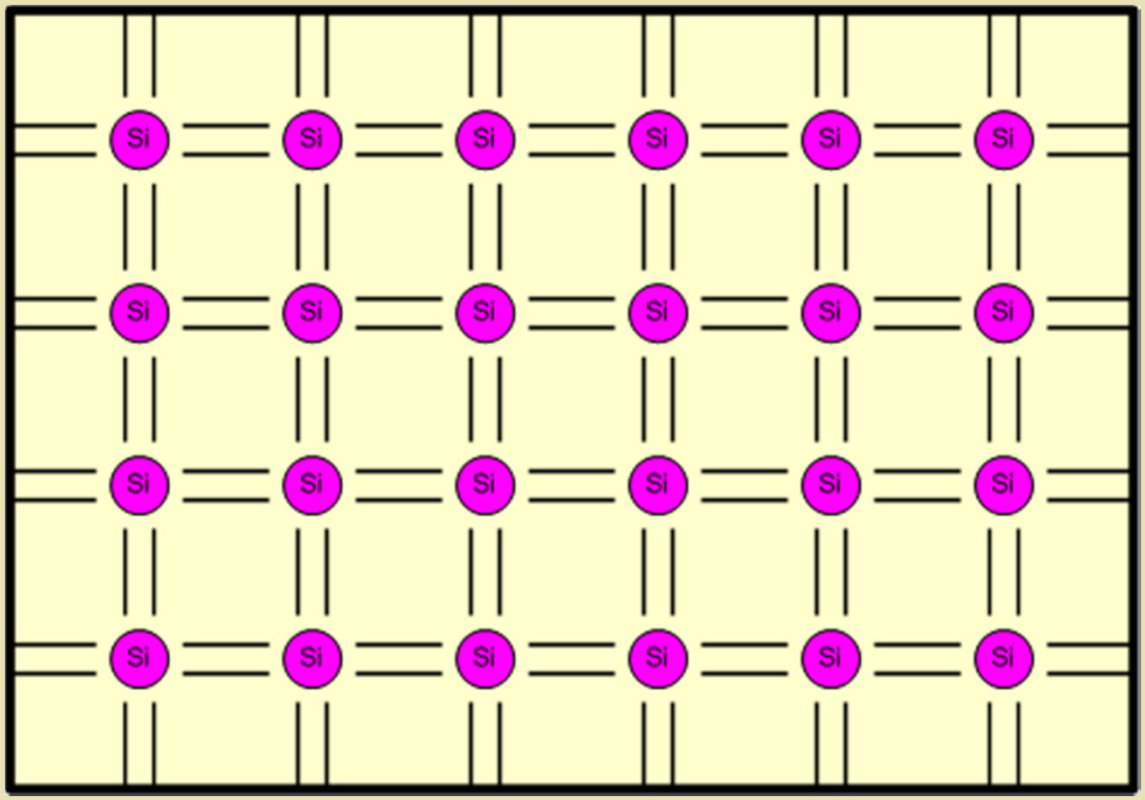


Silicon – the crystal lattice

If we extend this arrangement throughout a piece of silicon…

We have the crystal lattice of silicon

This is how silicon looks when it is cold

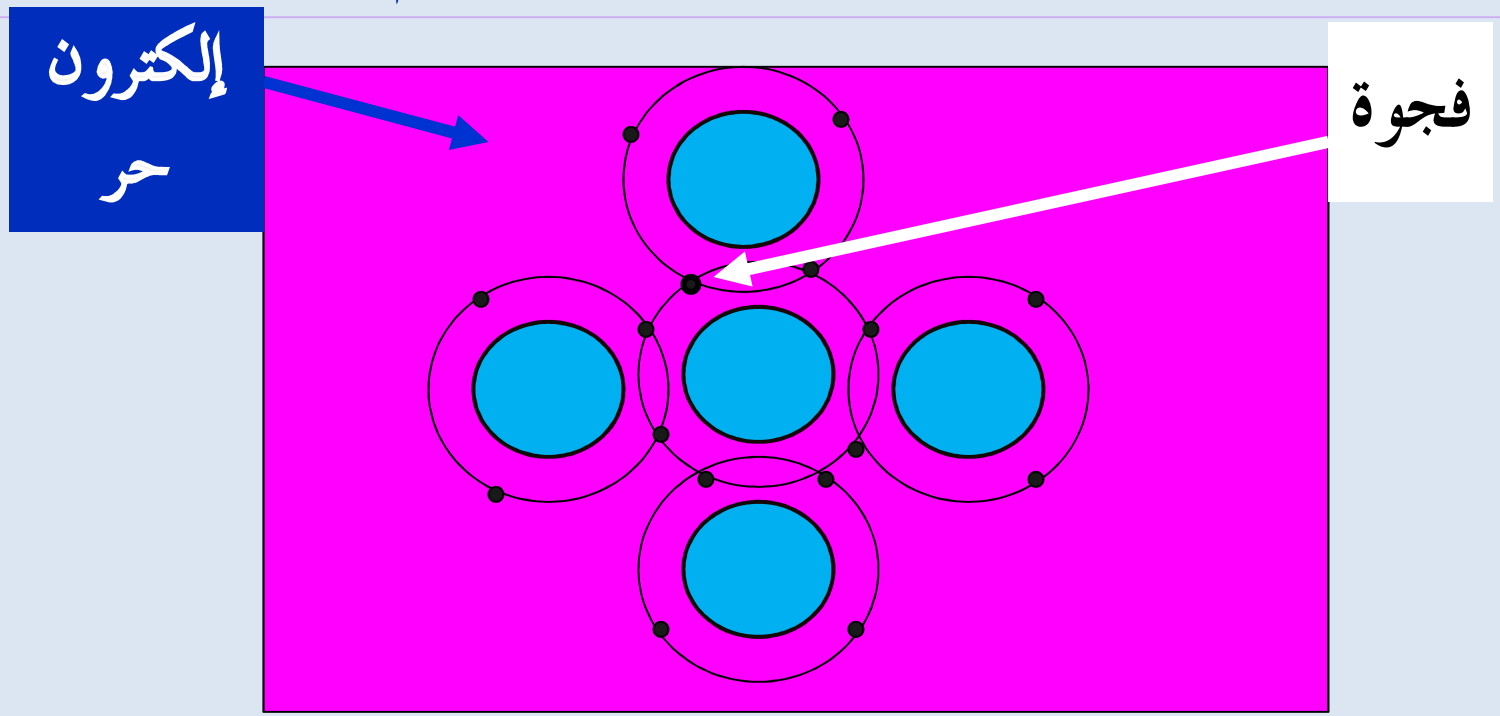


It has no free electrons – it cannot conduct electricity – therefore it behaves like an insulator

أشباه الموصلات النقية Intrinsic semiconductors

توليد إلكترون حر وفجوة

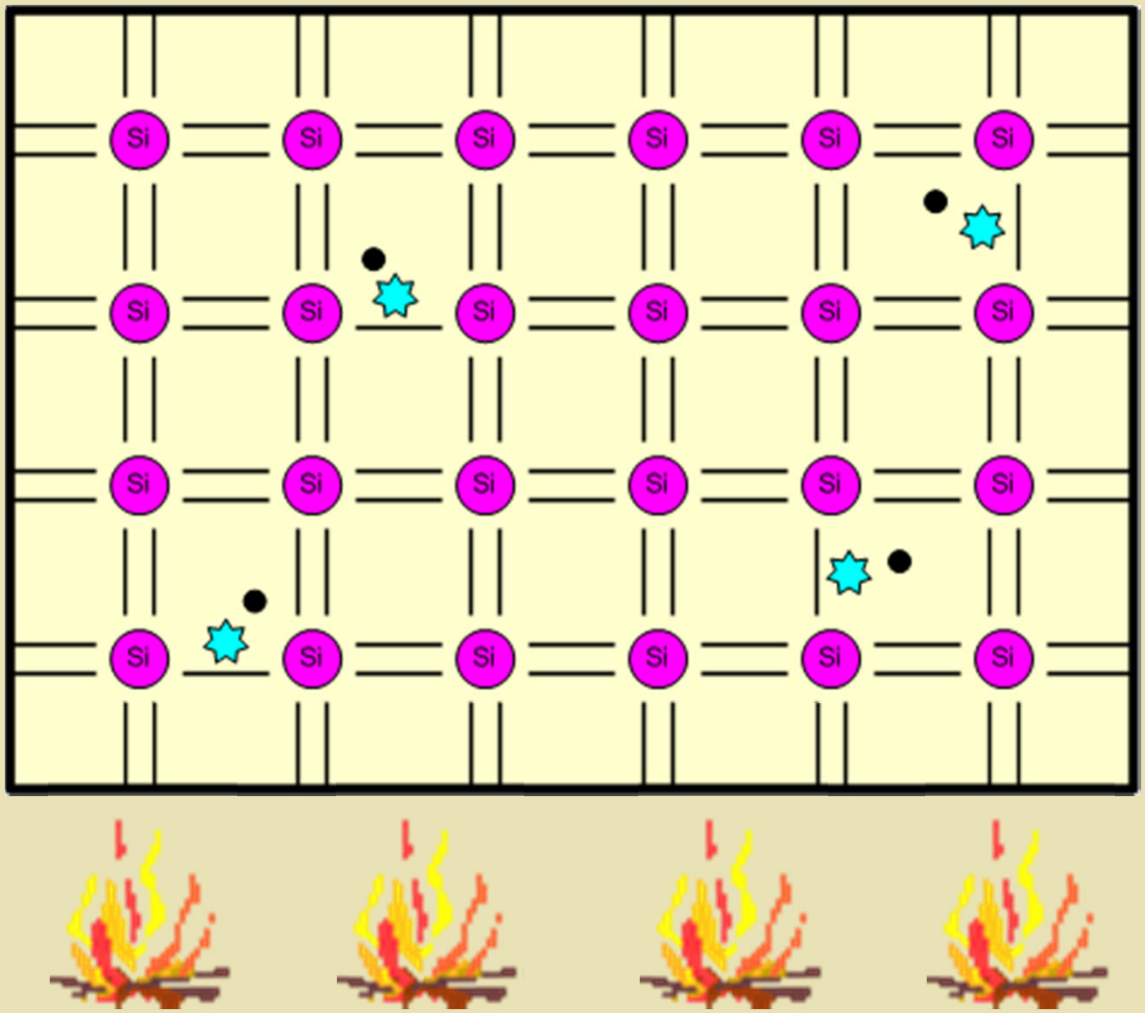
مع ازدياد درجة الحرارة تحصل بعض الإلكترونات على طاقة تكفي للتغلب على طاقة ارتباطها وهذا يؤدي إلى تحررها لتصبح حرة داخل البلورة تاركة خلفها فراغا يطلق عليه اسم **الفجوة**.



Heating Silicon

We have seen that, in silicon, heat releases electrons from their bonds…

This creates electron-hole pairs which are then available for conduction



توليد إلكترون حر وفجوة

عند درجة حرارة الغرفة فإن عدد الفجوات والالكترونات الحرة قليل لذلك تكون المادة عازلة.

تعتبر الفجوة شحنة موجبة لأن فقد الإلكترون يولد أيون موجب.

زمن العمر في حدود النانو ثانية و الميكرو ثانية حسب نقاوة شبه الموصل.

الزمن بين توليد الإلكترون وإعادة اتحاده يسمى زمن العمر lifetime.

تتحرك الالكترونات في اتجاه يعاكس حركة الثقوب.

الفجوة تجذب وتصطاد أي إلكترون من الوسط المجاور.

أشباه الموصلات النقية Intrinsic semiconductors

- هي أشباه موصلات نقية لا تحتوي على شوائب (السيلكون و الجرمانيوم).
- عند درجة حرارة الغرفة تكون عازلة؛ لأنها تملك القليل من الشحنات الحرة.
- عدد الالكترونات n يساوي عدد الثقوب p **(p = n)**.
- مع رفع درجة الحرارة يزداد عدد حاملات الشحنة؛ وتزداد الموصلية الكهربائية.

Intrinsic Conduction

If more heat is applies the process continues…

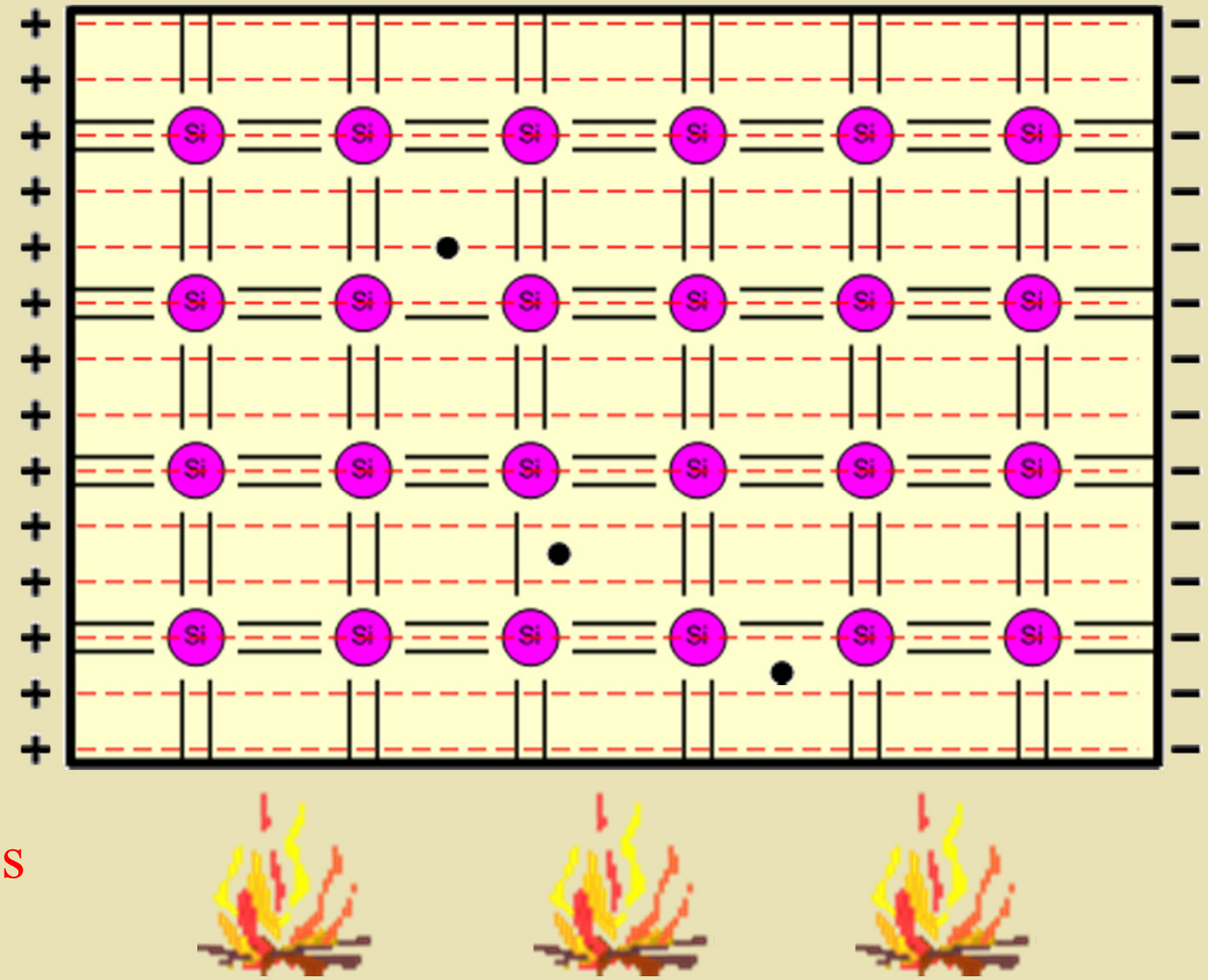
More heat…

More current…

Less resistance…

The silicon is acting as a thermistor

Its resistance decreases with temperature



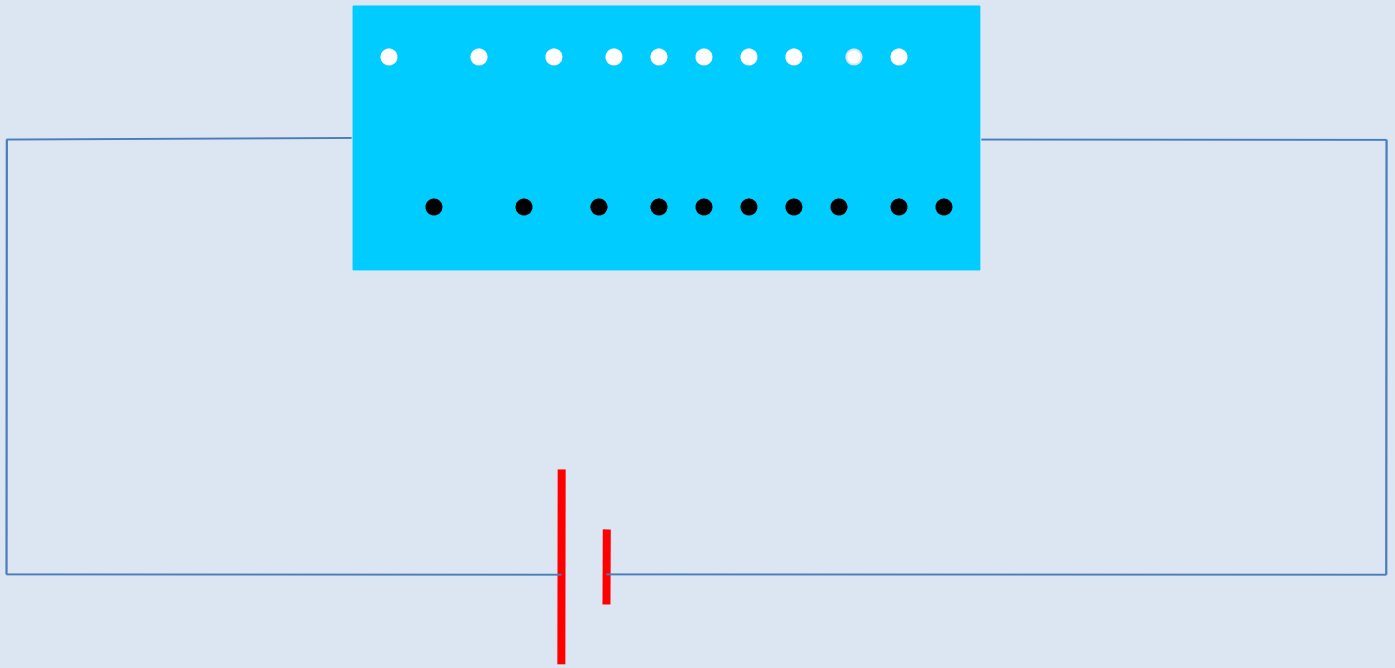
The Thermistor

- The thermistor is a heat sensitive resistor
- When cold it behaves as an insulator i.e. it has a very high resistance
- When heated, electron hole pairs are released and are then available for conduction as has been described – thus its resistance is reduced

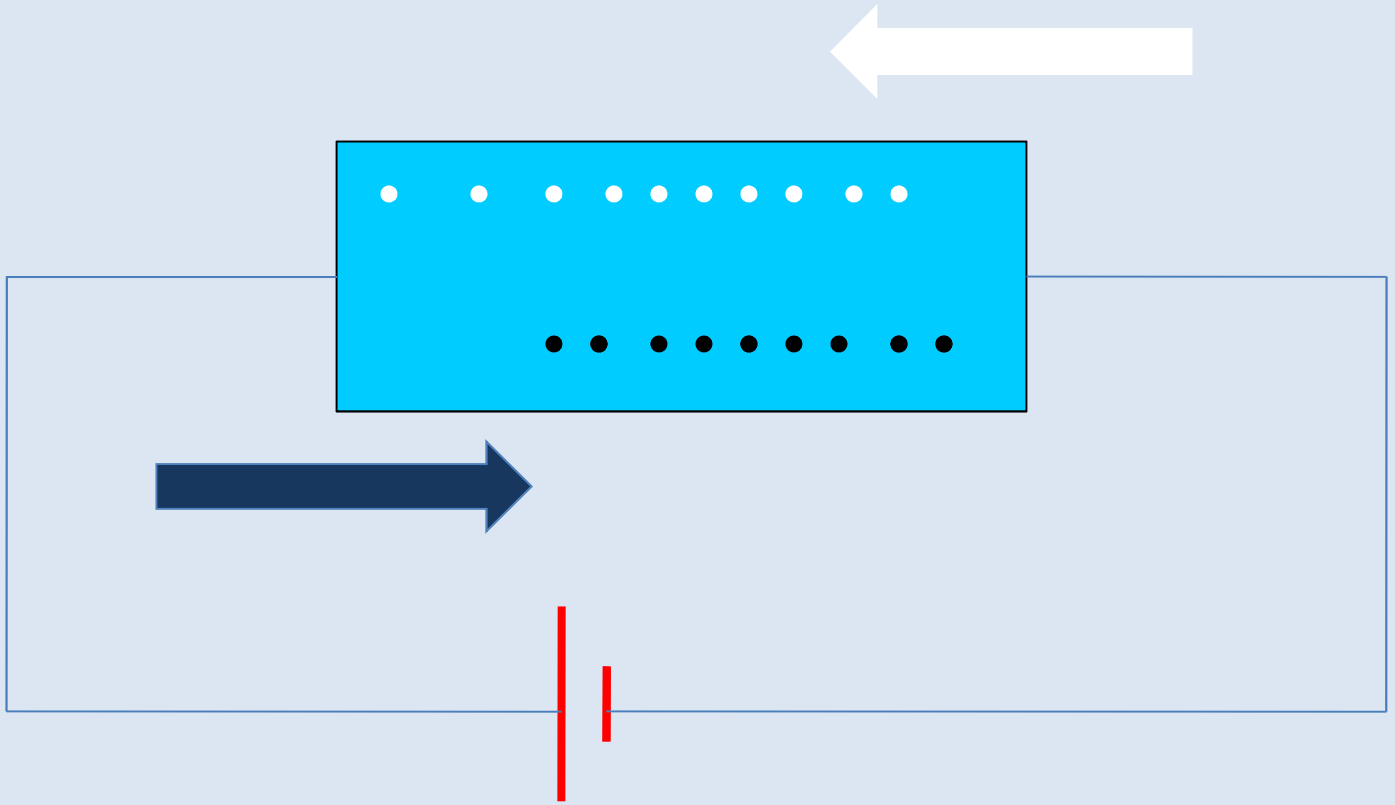
The Light Dependent Resistor (LDR)

- The LDR is very similar to the thermistor – but uses light energy instead of heat energy
- When dark its resistance is high
- As light falls on it, the energy releases electron-hole pairs
- They are then free for conduction
- Thus, its resistance is reduced

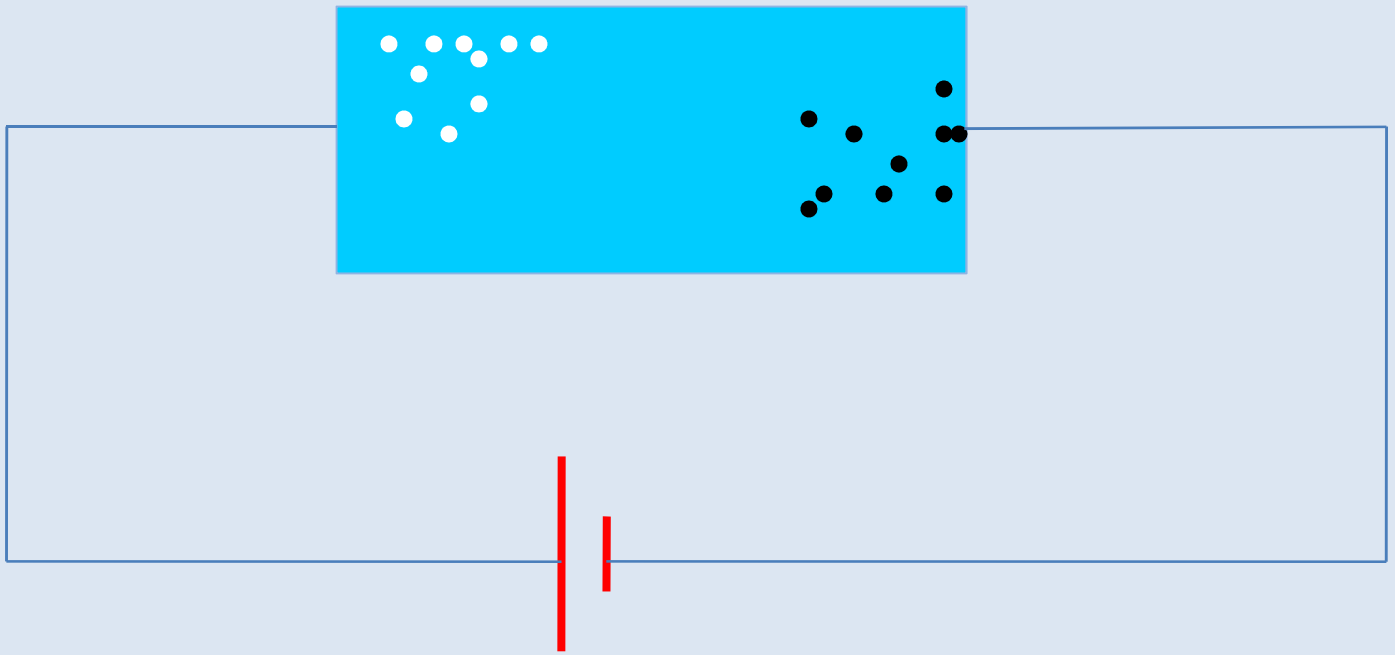
ماذا يحدث عند توصيل شبه موصل نقي بفرق جهد؟



تتحرك الالكترونات باتجاه القطب الموجب والثقوب باتجاه السالب.

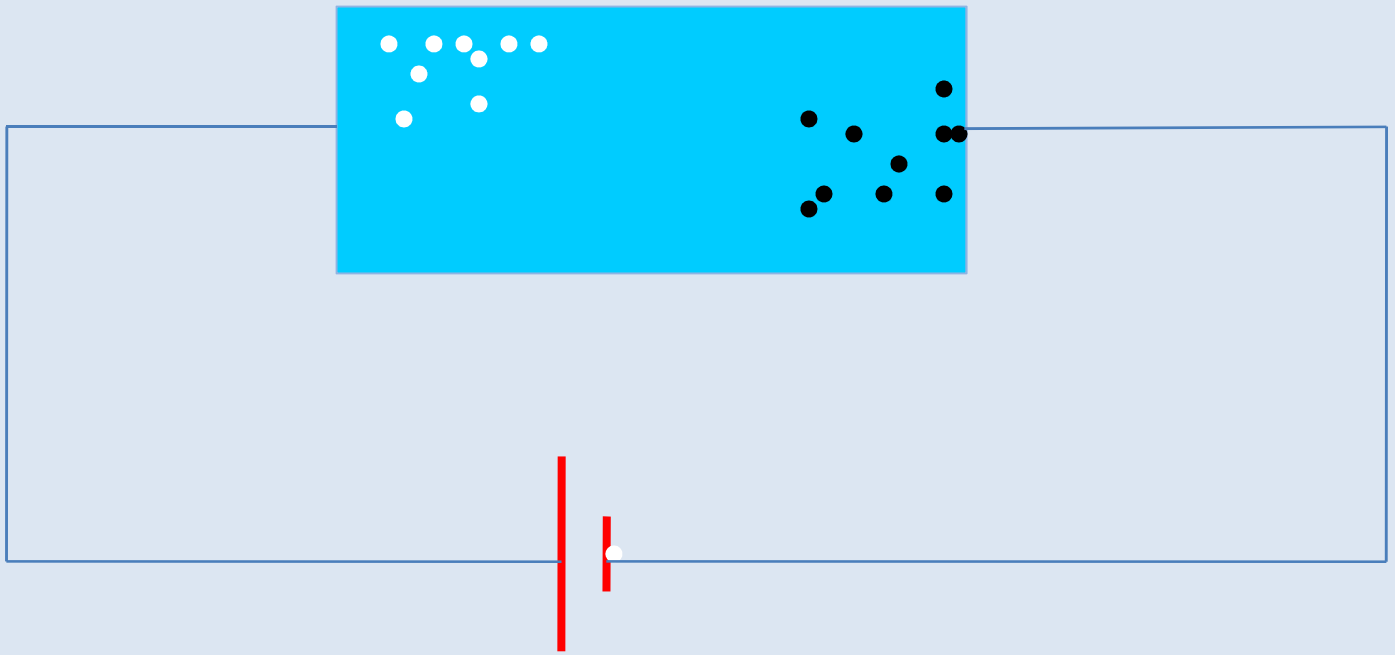


تنجذب الالكترونات الحرة إلى القطب الموجب من البطارية لتسري خلال سلك التوصيل

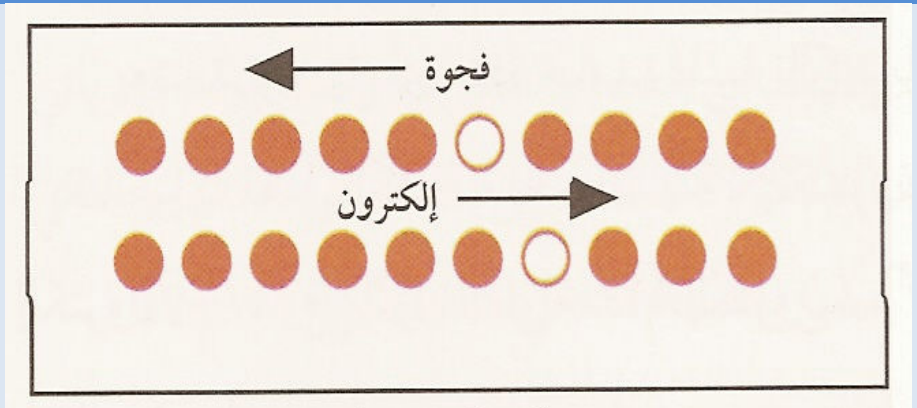


- تنجذب الالكترونات الحرة في قطب البطارية السالب إلى الفجوات الموجودة في الطرف الأيمن وتتحد مع الفجوات.

- الفجوات لا تسري خارج شبه الموصل.



التيار في شبه الموصل ناتج عن تيارين:
تيار الالكترونات الحرة وتيار الفجوات الحرة في اتجاهين متعاكسين.



وجود الفجوة يعتبر **الفرق الأساسي والهام بين الموصلات وأشباه الموصلات**، فالفجوات هي التي جعلت أشباه الموصلات قادرة على عمل أمور كانت مستحيل عملها بالموصلات.

أشباه الموصلات المشوبة Extrinsic semiconductor

- الطريقة الوحيدة لزيادة موصلية شبه الموصل هي **حقنه بالشوائب**.

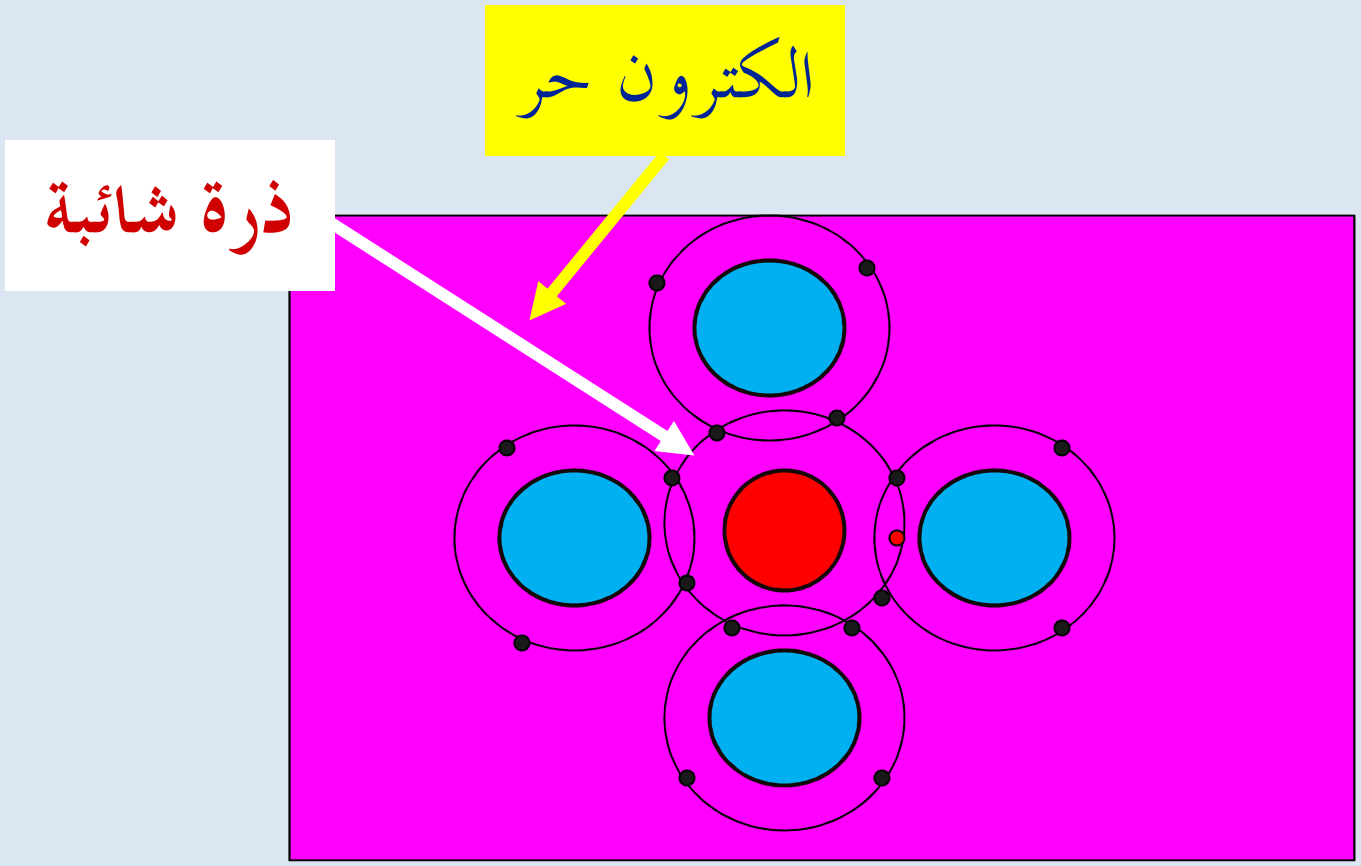
1- أشباه الموصلات السالبة n-type Negative semiconductor

يتم حقن المادة النقية بذرات خماسية التكافؤ (donors)

الفسفور	15 P
الزرنيخ	33 As

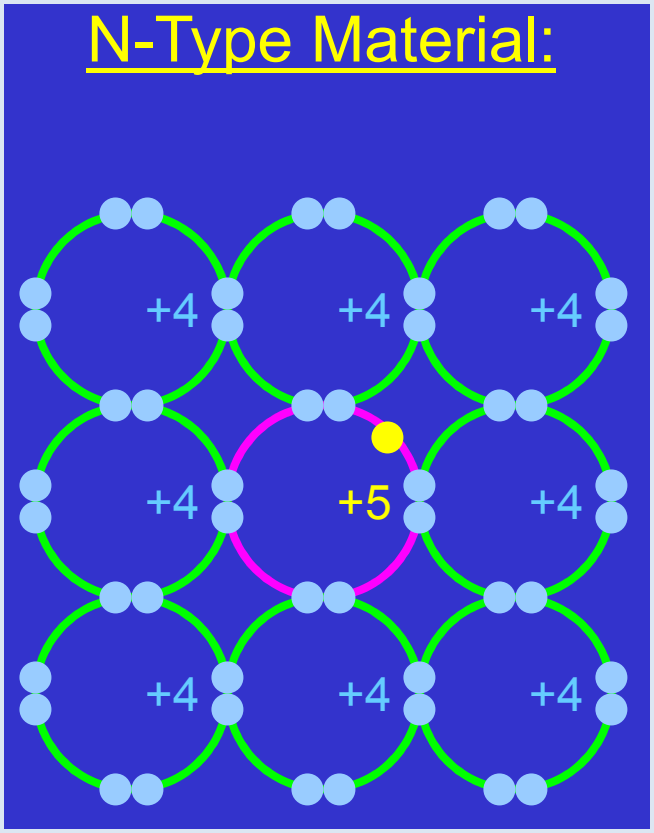
أشباه الموصلات السالبة n-type Negative semiconductor

كل ذرة شائبة تهب إلكترون حر إضافي لشبه الموصل.



أشباه الموصلات السالبة n-type Negative semiconductor

كل ذرة شائبة تهب إلكترون حر إضافي لشبه الموصل.

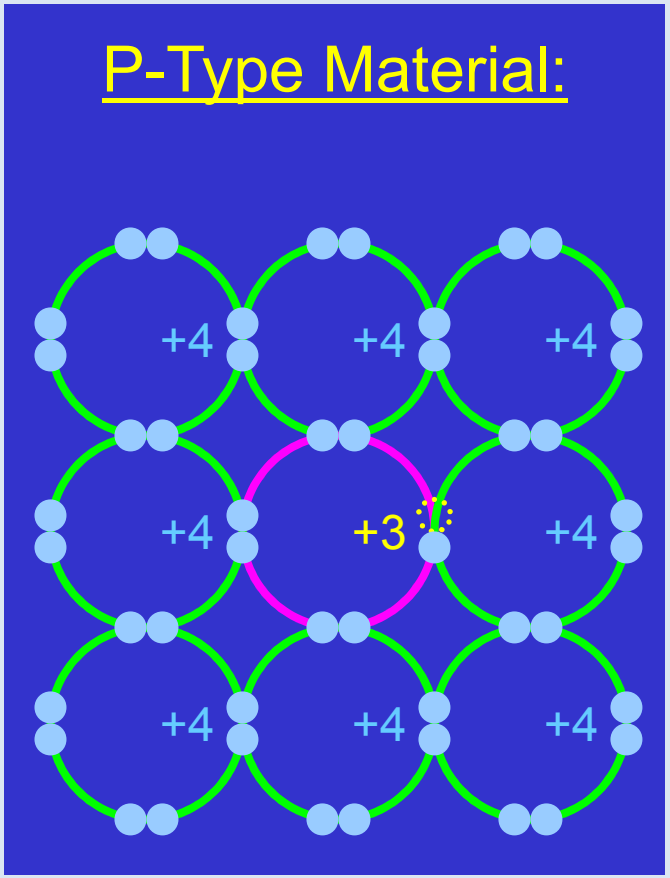


n>>p

الالكترونات هي حاملات الشحنة الأغلبية

الثقوب هي حاملات الشحنة الأقلية

أشباه الموصلات الموجبة P-type Positive semiconductor



يتم حقن المادة النقية بذرات ثلاثية التكافؤ (acceptors)

بورون	5 B
المنيوم	13 Al