محمد اعرابیان

جزوه درس الکترونیک کاربردی

جلسه اول

برای جزئیات بیشتر **اسکن کنید**

نسخه ۱.۱ | تهیه شده در بهمن ۱۴۰۰

تمامی حقوق این جزوه برای **محمد اعرابیان** محفوظ است.

سرفصل آموزشی :

۱- نیمه هادی ها و دیودها

۲- ترانزیستور دو قطبی

۳- ترانزیستور های اثر میدانی

٤- کاربردهای ترانزیستور به عنوان تقویت کننده یک طبقه

٥- تقویت کننده های چند طبقه

٦- کوپلینگ بین طبقات، انواع ، مزایا ، معایب

۷- دی کوپلینگ و کاربردهای آن در مدارات الکترونیک

۸- فید بک منفی در تقویت کننده ها

۹- تقویت کننده های توان

۱۰- منابع ولتاژ و تثبیت کننده‌های خطی ولتاژ

۱۱- منابع جریان و تثبیت کننده‌های خطی جریان

مقدمه

الکترونیک به طیف گسترده ای از الکتریسیته اطلاق می شود که با حرکت الکترون ها در انواع مدارات نیمه هادی سر و کار دارد، اختراع IC ها سبب آن شده است که دگرگونی های فراوانی در این علم پدیدار گشته و سیستم‌های مدرن الکترونیکی از جمله مدارهای کنترل از راه دور ، ماهواره های فضایی ، رباتها و ... را پدید آورد.

در حال حاضر الکترونیک کلید فتح شگفتی‌های جهان است و با تمام علوم و فنون موجود به نحوی پیوند خورده است . از وسائل ساده خانگی تا پیچیده ترین تکنیک های فضایی همه جا صحبت از تکنولوژی فراگیر الکترونیکی است و امروز صنعت مدرن بدون الکترونیک و تکنولوژی های وابسته به آن عملا از کار افتاده است.

پیشرفت علم الکترونیک و وسعت حوزه عملکرد آن امروز بر همگان روشن است. علاوه بر وسائل الکترونیکی از جمله دستگاههای مخابراتی، انواع وسائل پزشکی، صنعتی، نظامی، در دیگر وسائل غیر الکترونیکی هم کمتر وسیله ای را می توان یافت که الکترونیک در آن دخالتی نکرده باشد.

مهندسان الکترونیک با خلق وعملکرد سیستم‌های بسیار متنوعی سر وکار دارند که به منظور برآوردن نیازها و خواسته های جامعه طراحی می شوند. مهندسان الکترونیک در ایجاد ماشین‌هایی که توانایی‌های بشر را در زمینه جسمی یاری و در زمینه محاسباتی افزایش می دهند نقش مهمی دارند . بخشی از طراحی و ایجاد سیستمهای الکترونیکی به توانایی ساخت مدلهای ریاضی اجزا و مدارهای الکتریکی بستگی دارد.

منابع

Microelectronic Circuits Adel S. Sedra, OXJFORD UNIVERSITY PRESS

قطعات و مدارات الکترونیک جلد ۱ و ۲ مولف روبرت بویل اشتاد و لوئیس نشلسکی مترجم قدرت ا... سپید نام و خلیل باغانی

مدارهای میکروالکترونیک ویراست سوم به بالا مولف عادل صدرا و کنت اسمیت مترجم مجید ملکان و هاله واحدی

مبانی الکترونیک دکتر سید علی میرعشقی نشر شیخ بهایی

فصل اول

نیمه هادی ها

مقدمه

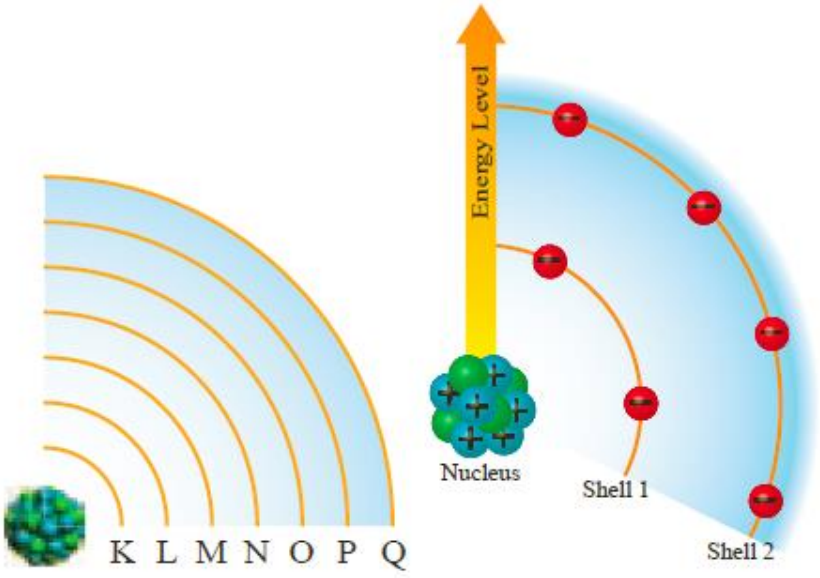
عناصر نیمه هادی عناصری هستند کــه در صنایع الکترونیك کاربرد فراوانی دارند. در این فصل می‌خواهیم به ساختمان عناصر نیمه هادی از قبیل ژرمانیم و سیلیسیم بپردازیم، همچنین نحوهی تولید کریستال N و P نیز آموزش داده می‌شود، برای رسیدن به این اهداف ساختمان اتم، مدارهای الکترون و سطوح و باندهای انرژی را به اختصار مورد بررسی قرار می‌دهیم.

مروری بر ساختمان اتمی عناصر

عناصر موجود در طبیعت از ذرات بسیار کوچکی به نام اتم تشکیل شده‌اندکه دارای دو قسمت اصلی هسته و پوسته‌های الکترونی هستند. هسته دارای بار مثبت و کاملا متمرکز شده است و الکترون دارای بار منفی و در لایه های مشخص در اطراف هسته قرار گرفته‌اند.

الکترون های هر اتم روي مدارهایی (پوسته shell- orbit) بیضی شکل دوران می‌کنند. در بسیاری از عناصرتعداد حداکثر الکترون‌های هر مدار از رابطه‌ی $2n^2$ تعیین می‌گردد. در این رابطه n شـــماره‌ی مدار مورد نظر است و با حروف Q,P,O,N,M,L,K مشخص می‌شود.

در این قســمت ما مدار orbit یا پوسته shell را اصطلاحــا لایــه مینامیــم وکلمه‌ی لایــه را مورد استفاده قرار می‌دهیم. شکلی که مشاهده می‌کنید مدل اتمی بور (Bohr) می‌باشد.



K لایه‌ی شماره‌ی یك و L لایه‌ی شماره‌ی دو، M لایه‌ی شماره سه و ..... و Q لایه‌ی شماره هفت است. هر قدر فاصله‌ی الکترون از هسته‌ی اتم بیشتر باشد، انرژی بیشتری دارد. این الکترون‌ها به دلیل داشتن انرژی بیشتر راحت‌تر می‌توانند از قید نیروی جاذبه‌ی هسته رها شوند و ازمدار فرار کنند. برای تعیین

حداکثر الکترون‌هایی که هـــر لایه می‌پذیرد، در رابطه‌ی $2n^2$ به جای n ، شماره‌ی لایه را قرار می‌دهیم و حداکثر الکترونی را ،کـــه در آن لایـــه قرار می‌گیرند به‌دست می‌آوریم.

حل: چون لایه‌ی K لایه‌ی شـماره‌ی یک است، در رابطه‌ی $2n^2$، به جای n، عدد یک را قرار می‌دهیم.

$2n^2 = 2\times1^2 = 2$ الکترون

یعنـی لایـه‌ی شـماره‌ی ۱ (K) حد اکثـر ۲ الکترون می‌پذیرد.

مثال ۲-۲: لایه‌های L ،M ،... و Q به ترتیب حد اکثر با چند الکترون پر می‌شوند؟

حل:

L مدار $\rightarrow n = 2$

$L \Rightarrow 2n^2 = 2\times2^2 = 8$ الکترون

یعنی لایه ی دوم (L) با ۸ الکترون پر می‌شود.

M لایه $\rightarrow n = 3$

$M \Rightarrow 2n^2 = 2\times3^2 = 18$ الکترون

لایـه‌ی سـوم (M) نیـز حداکثر بـا ۱۸ الکتـرون پر می‌شود.

N لایه $\rightarrow n = 4$

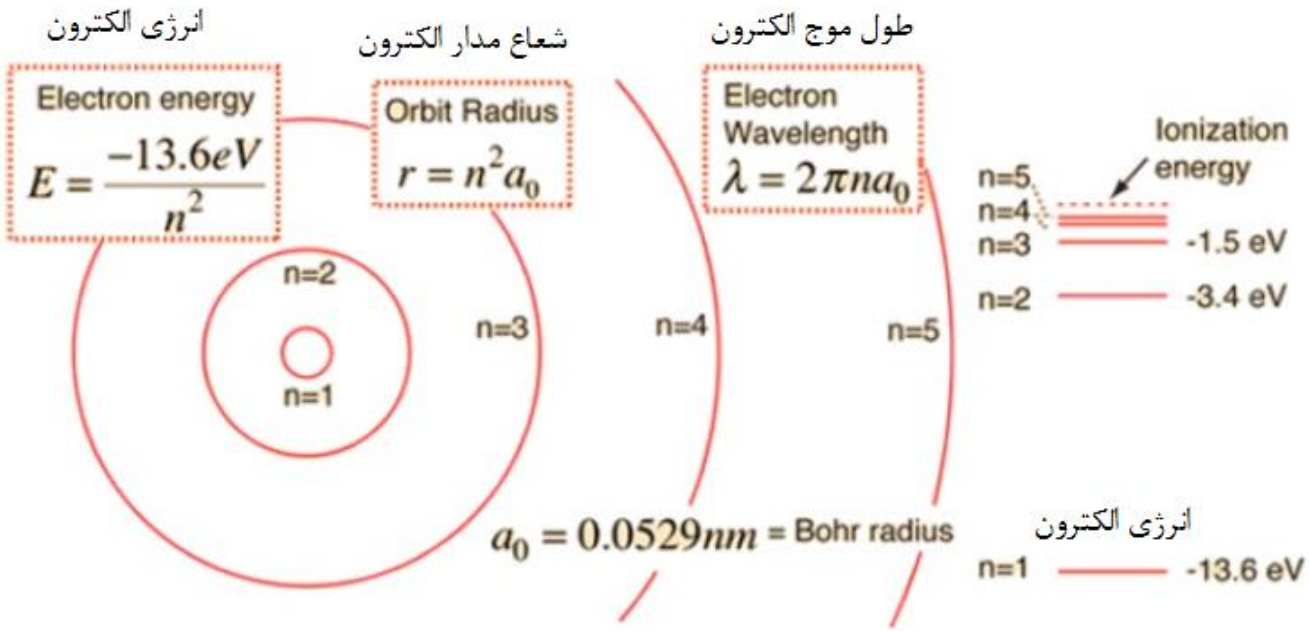
$N \Rightarrow 2n^2 = 2\times4^2 = 32$ الکترون

O لایه $\rightarrow n = 5$

$O \Rightarrow 2n^2 = 2\times5^2 = 50$ الکترون

به همین صورت در ادامه لایه ها تعداد الکترون می توانند محاسبه شوند.

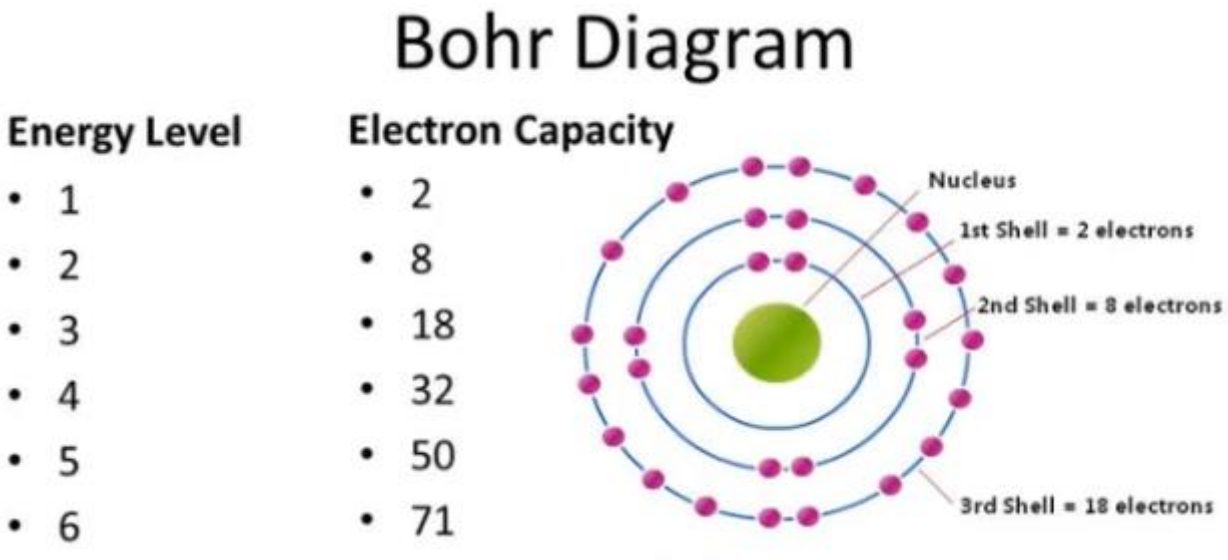
طول موج الکترون ها در لایه های بالاتر بیشتر است.



هسته بر الکترون لایه اول انرژی معادل $13.6eV$ انرژی وارد میکنه پس ما برای آزاد سازی الکترون در لایه اول به $13.6eV$ انرژی نیاز داریم که باید به الکترون لایه اول بدهیم تا از قید هسته خارج شود

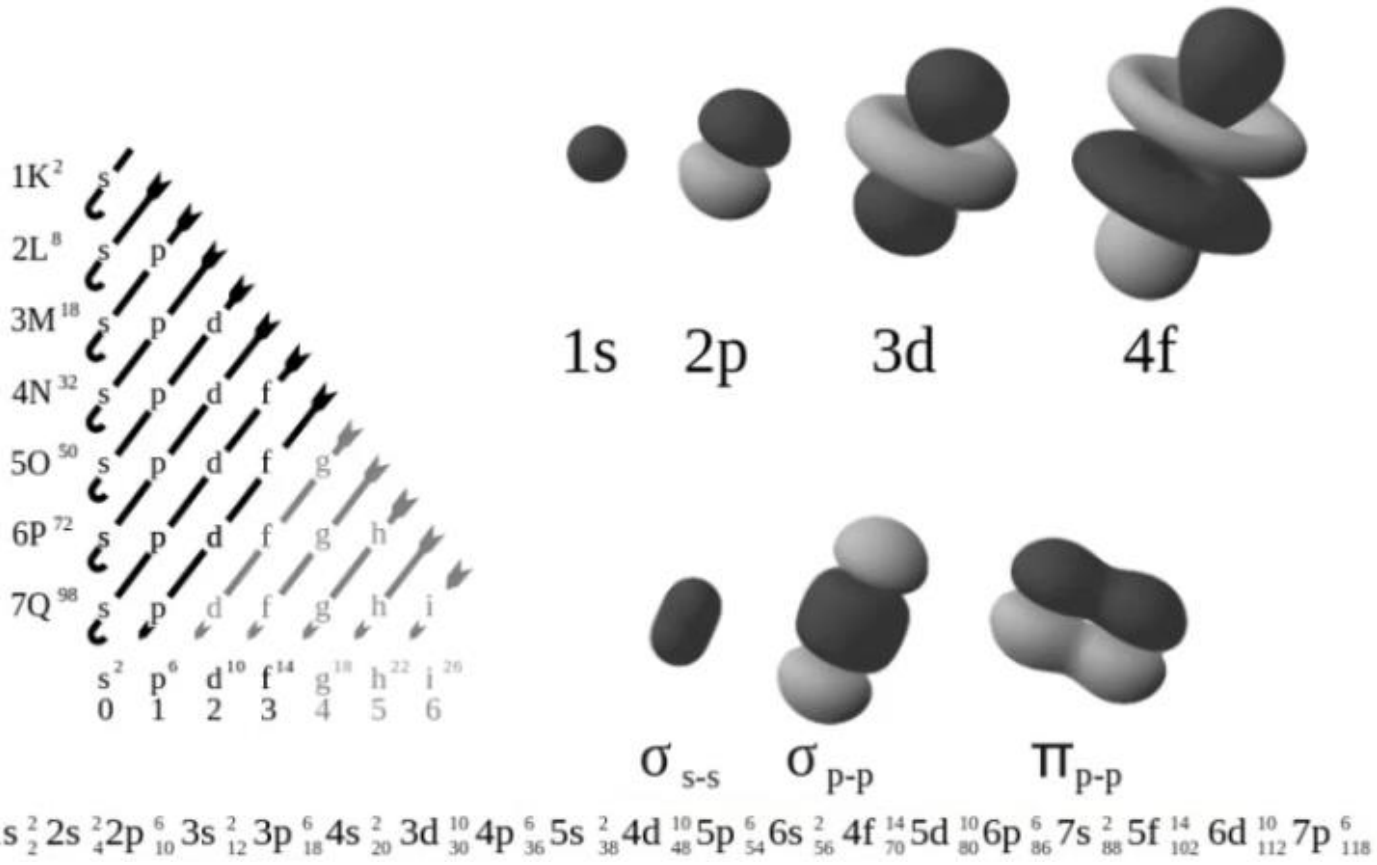
نحوه‌ی توزیع الکترون ها روی لایه ها

پذیرش الکترون‌ها در هر لایه محدودیت دارد. برای مثال، لایه‌ی اول K نمی‌تواند بیش از ۲ الکترون و لایه‌ی دوم L بیش از ۸ الکترون و لایه‌ی سوم M یش از ۱۸ الکترون را بپذیرند. این محدودیت برای تمام لایه ها وجود دارد. از طرفی، با توجه به عدد اتمی عناصر، شرایطی پدید می‌آید که توزیع الکترون در لایه های آخر را با مشکل مواجه می‌سازد. دراین قسمت به تشریح این موضوع می‌پردازیم.



می‌دانیم در صورتی که عدد اتمی عنصری ۱۰ باشد، لایه‌ی اول با ۲ الکترون و لایه دوم بـــا ۸ الکترون کامل می‌شود و چون این آخرین حد برای لایه‌ی دوم است، باید لایه‌ی سوم شروع شود. برای عناصری با عدد اتمی ۱۱ تا ۱۸ لایه‌ی اول با ۲ الکترون، لایه‌ی دوم با ۸ الکترون و لایه‌ی ســوم با ۸ الکترون پر می‌شود و پس از آن لایه‌ی چهارم شروع می‌شود. برای عناصری باعدد اتمی ۱۹ تا ۲۹ پس از پر شـــدن لایه‌ی اول و دوم، لایه‌ی سوم با حداکثر ظرفیت یعنی ۱۸ الکترون پر می‌شود و پس از آن لایه‌ی چهارم شروع می‌گردد.

* هر لایه الکترون ها، در زیر لایه‌های مشخص (اوربیتال) قرار می‌گیرند.



اوربیتال ها دارای انواع مختلفی هستند، s که کروی شکل است و می‌تواند حد اکثر ۲ الکترون در خودش جا بدهد، اگر دوتا کره را به هم وصل کنیم شکل اوربیتال p را مشخص می‌شود و ٦ الکترون در خودش جا می‌دهد، همین طور d, f, g, h, i به ترتیب ۱۰،۱٤،۱۸،۲۲،۲٦ الکترون در خود جا می دهند.

انرژی اوربیتال ها از کم به زیاد $s \to p \to d \to f \to g \to h \to i$ به این صورت است.

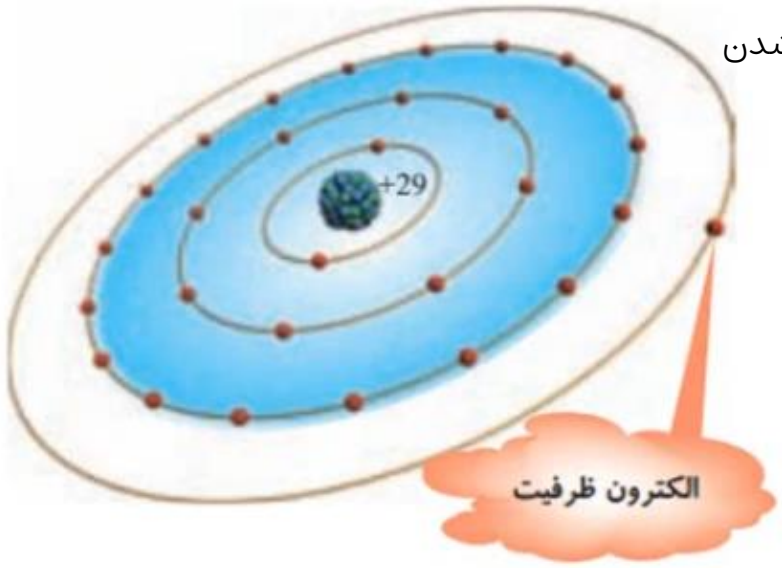
نحوه توزیع الکترون‌ها بر روی لایه ها

* ترتیب پر شدن الکترون ها در لایه‌ها به این صورت است که ابتدا زیر لایه ها با انرژی کمتر پر می‌شوند و سپس زیر لایه ها با انرژی بیشتر

* ایجاد تقارن نیز بر روی آرایش الکترونی تاثیر دارد.

برای مثال:

اتم مس (Cu) را در نظر بگیرید، بر اساس پر شدن زیر لایه ها آرایش به صورت است.



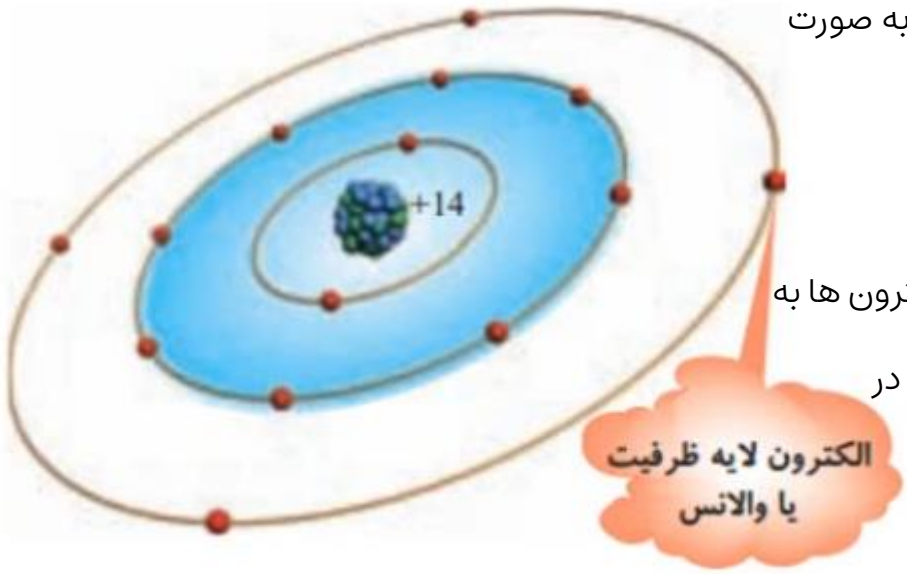
$$Cu: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$$

حالا اگر ما یک الکترون از لایه چهارم $(4s^2)$ به لایه سوم انتقال دهیم تقارن در شکل فضایی به وجود می‌اید. پس

$$Cu: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10}$$

برای اتم سیلیسیم (Si)

بر اساس پر شدن زیر لایه ها آرایش به صورت زیر است.



$$Si: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$$

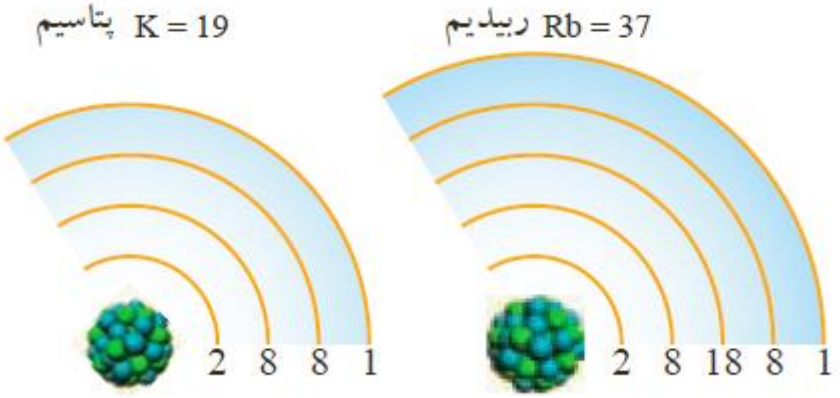
پس در اتم سیلیسم نحوه توزیع الکترون ها به درستی صورت گرفته زیرا الکترون ها در زیرلایه‌ها با انرژی پایین‌تر قرار گرفته و تقارن نیز دارند.

به آخرین لایه‌ی اتم، که در آن تعداد الکترون ها پرنمی‌شوند، لایه‌ی ظرفیت یا لایه‌ی والانس (Valance) می‌گویند.

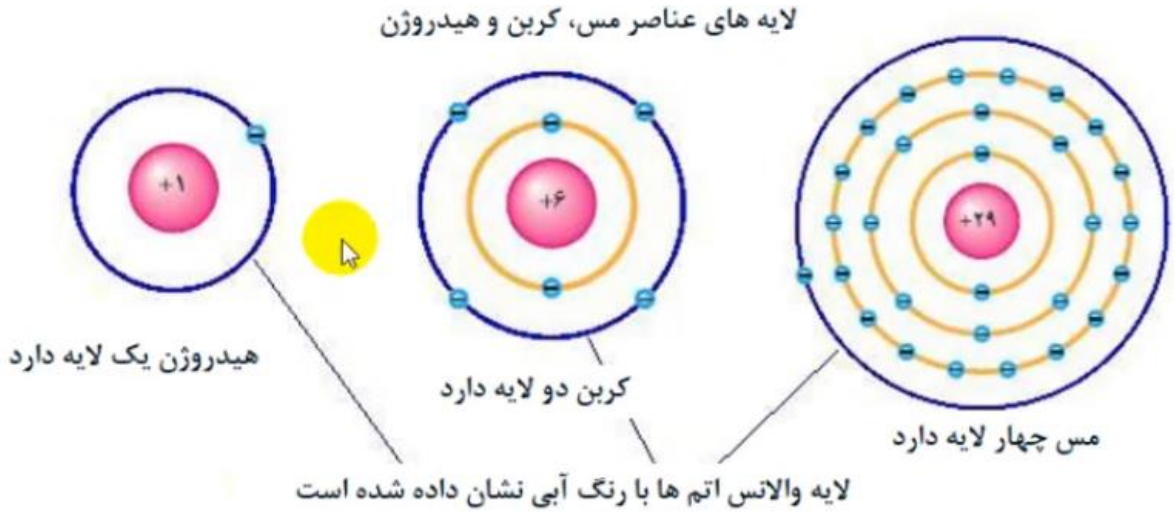
نکته: رابطه‌ی $2n^2$ عمومیت ندارد و برای برخی از عناصر صدق نمی‌کند.

لایه‌ی والانس و الکترون والانس

با توجه به مطالب فوق، اگر چه لایه‌ی سوم می‌تواند تا 18 الکترون داشته باشد ولی هرگز قبل از این که لایه‌ی چهارم شروع شود بیش از ۸ الکترون نمی‌پذیرد. این مطلب درمورد لایه‌ی چهارم نیز، صادق است، یعنی با وجود این که لایه‌ی چهارم می‌تواند حد اکثر ۳۲ الکترون بپذیرد، اما هرگز قبل از شروع لایه‌ی پنجم بیشتر از ۸ الکترون را قبول نمی‌کند. این یك قانون کل اس.. شکل زیر این مطلب نشان می‌دهد.



آخرین لایه‌ی هر اتم (لایه‌ی خارجی) نمی‌تواند بیشتراز ۸ الکترون داشته باشد. به آخرین لایه‌ی هر اتم لایه‌ی والانس یا ظرفیت می‌گویند. هم چنین الکترون های لایه‌ی ظرفیت، الکترون های والانس یا ظرفیت نامیده می‌شوند. این الکترون ها هستند که ماهیت هدایتی اجسام را شکل می‌دهند.



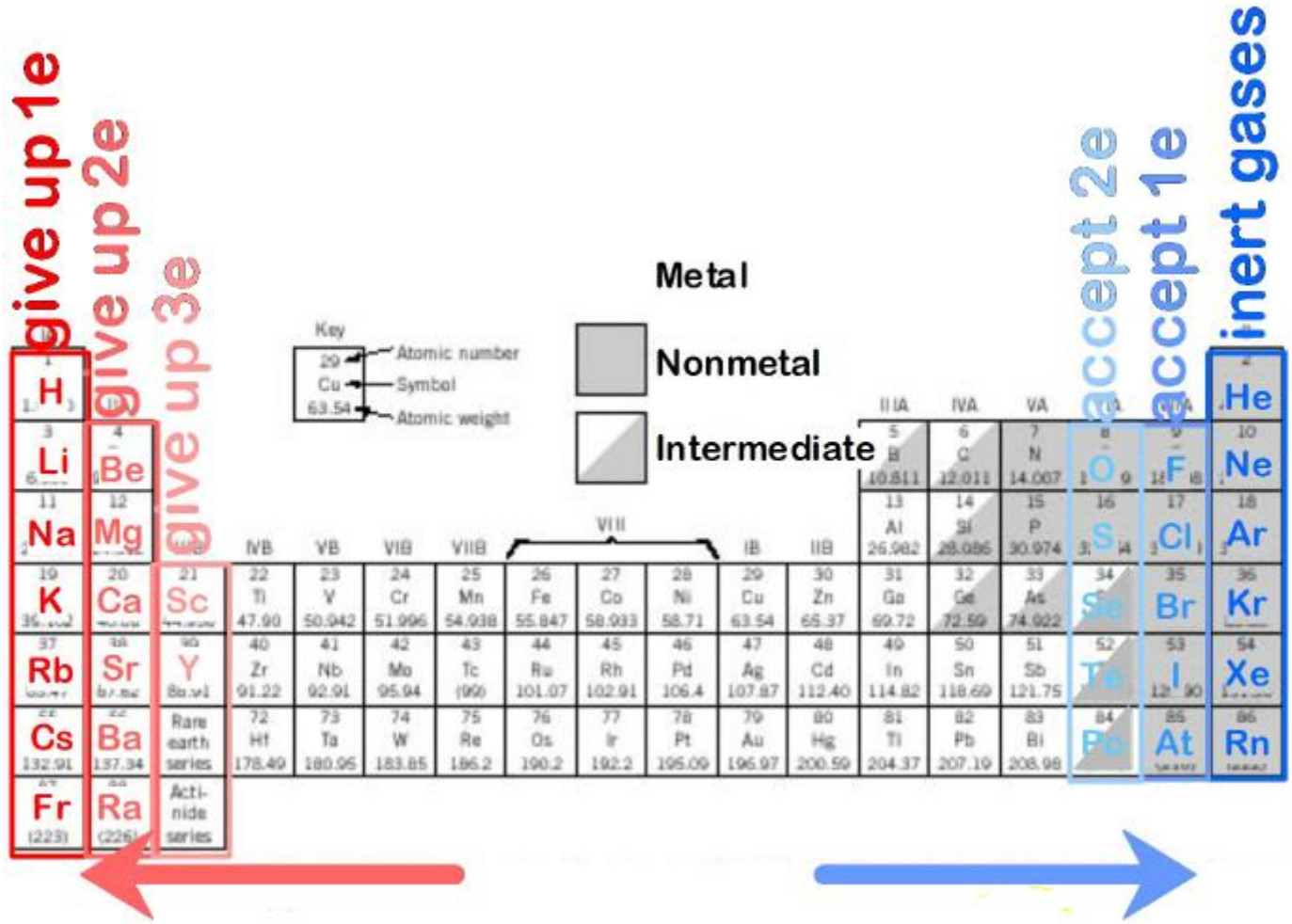
هدایت (رسانایی) کدام بیشتر است و چرا؟

هدایت در اجسام

۱- فاصله از هسته (الکترون های ظرفیتی در چه لایه ای قرار دارند، فرمول انرژی الکترون)

۲- تعداد الکترون های لایه آخر

هادی نیمه هادی عایق



اجسام در طبیعت ازنظرهدایت الکتریکی (رسانایی) به سه گروه تقسیم می‌شوند.

۱- هادی: دارای هدایت خوبی هستند ،به راحتی جریان الکتریکی را عبورمی‌دهند. تعداد الکترون های لایه ظرفیت این گروه اجسام کمتراز ٤ تا است. مثل فلزات يك تا سه ظرفیتی (نقره ،مس،آلومینیوم و...) و بعضی از اسیدها، بازها و نمك ها

۲- نیمه هادی: هدایت کمتری نسبت به هادی ها دارند و تحت شرایط خاص (مثل دادن انرژی)، جریان الکتریکی را از خود عبور می‌دهند.

تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت این گروه اجسام برابر ٤ است. در دمای صفر مطلق کلوین (−237.15℃) عایق و در دمای معمولی تقریبا رسانا هستند(بخاطر گرما محیط الکترون ها انرژی لازم را برای آزاد شدن از قید هسته بدست می‌آورند و باعث ایجاد جریان شوند). قابلیت کنترل شدن میزان رسانایی آنها وجود دارد.

مثل کربن، ژرمانیوم، سیلیسیم یا بعبارتی تمامی عناصر گروه چهارم جدول مندلیف

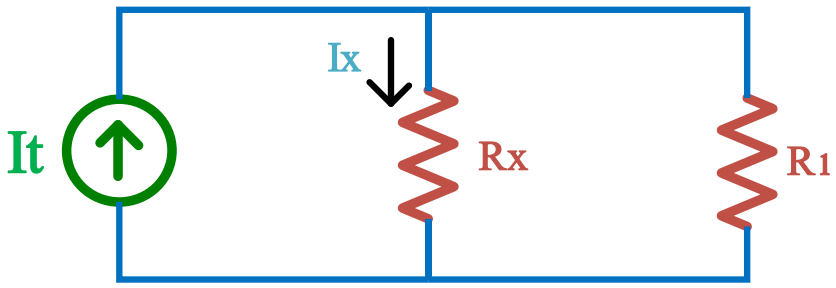
۳- عایق یا نارسانا: اجسامی هستند که در شرایط معمولی، جریان برق را از خود عبور نمی‌دهند، زیرا الکترون آزاد آن‌ها بسیار کم است، تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت این گروه اجسام بیشتراز ٤ تا است مانند: کائوچو، شیشه، هوا روغن، پلاستیک و .....

یادآوری مباحث تحلیل مدار

تقسیم جریان: (نمی‌خواهیم)

در مدار موازی ولتاژ دوسر المان ها برابر است.

ما در مدار زیر جریان I_X را می‌خواهیم



پس:

مقدار جریان در مقاومت المانی که جریان آن را نمی‌خواهیم، تقسیم بر مجموع مقاومت المان ها

$$I_x = \frac{R_1 \times I_t}{R_x + R_1}$$

تقسیم جریان

مقاومت معادل در مدار موازی

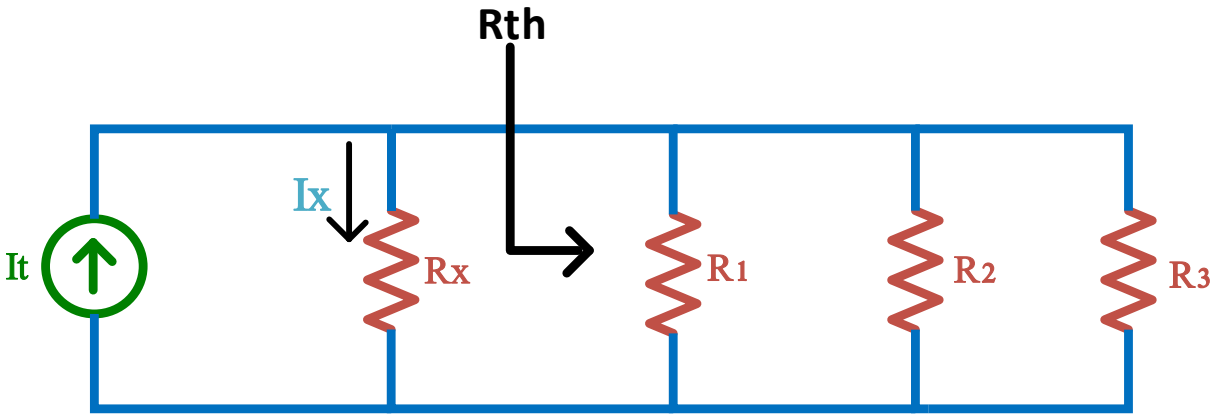
$$\frac{1}{R_{th}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots$$

که می‌توان نوشت:

$$X = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots$$

$$R_{th} = \frac{1}{X}$$

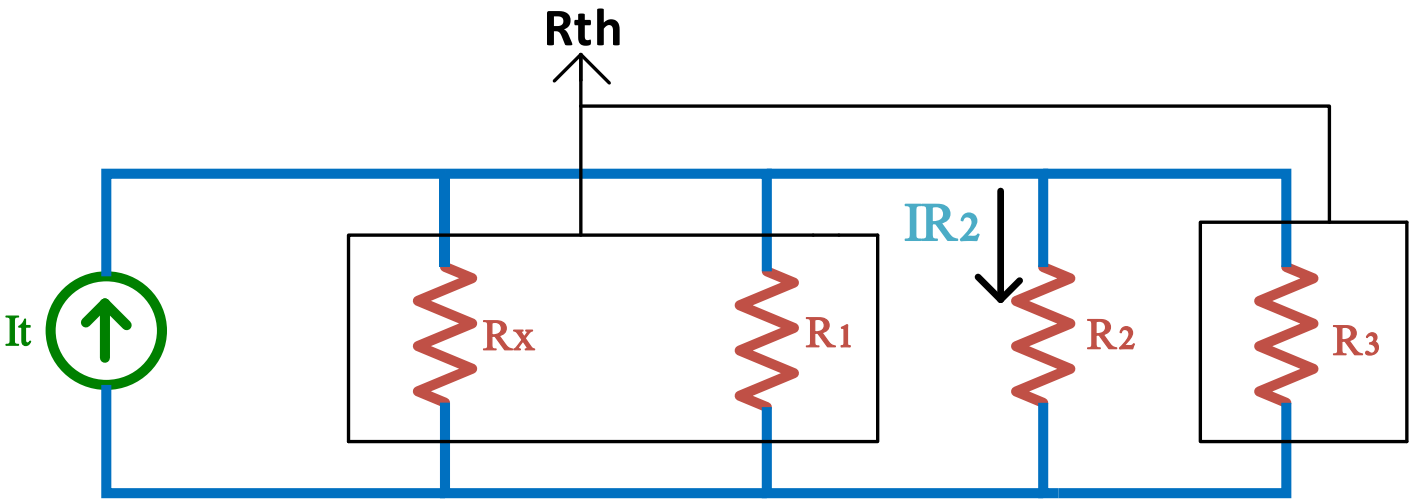
ما در مدار زیر جریان I_X را می‌خواهیم



$$X = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Longrightarrow R_{th} = \frac{1}{X}$$

$$I_x = \frac{R_{th} \times I_t}{R_x + R_{th}}$$

ما در مدار زیر جریان I_{R_2} را می‌خواهیم



$$\frac{1}{R_{th}} = \frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3}$$

یا

$$X = \frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3}$$

$$R_{th} = \frac{1}{X}$$

در نتیجه I_{R_2} می‌شود:

$$I_{R_2} = \frac{R_{th} \times I_t}{R_2 + R_{th}}$$

پایان جلسه اول

روزگار خوشی را برای شما آرزومندم.

محمد اعرابیان