جلسه دوم

اصل آفبا : ترتیب پر شدن لایه ها از الکترون را بیان میکند

زیر لایه ای زودتر از الکترون اشغال می شود که :

سطح انرژی پایین تر ⟵ پایداری بیشتر

- ✓ در کل هفت لایه داریم
- ✓ هر لایه تشکیل شده از چند زیر لایه
- ✓ برای هر لایه به شماره لایه ، زیر لایه داریم

n = 1	→	1s					
n = 2	→	2s	2p				
n = 3	→	3s	3p	3d			
n = 4	→	4s	4p	4d	4f		
n = 5	→	5s	5p	5d	5f	5g	
n = 6	→	6s	6p	6d	6f	6g	6h
n = 7	→	7s	7p	7d	7f	7g	7h	7i

سطح انرژی پایین تر

(n + l)

n = 1 → 1s

1+0=1

n = 2 → 2s 2p

2+0=2 2+1=3

n = 3 → 3s 3p 3d

3+0=3

1s 2s 2p 3s 3p 4s 3d 4p 5s 4d 5p
6s 4f 5d 6p 7s 5f 6d 7p

s → 2

p → 6

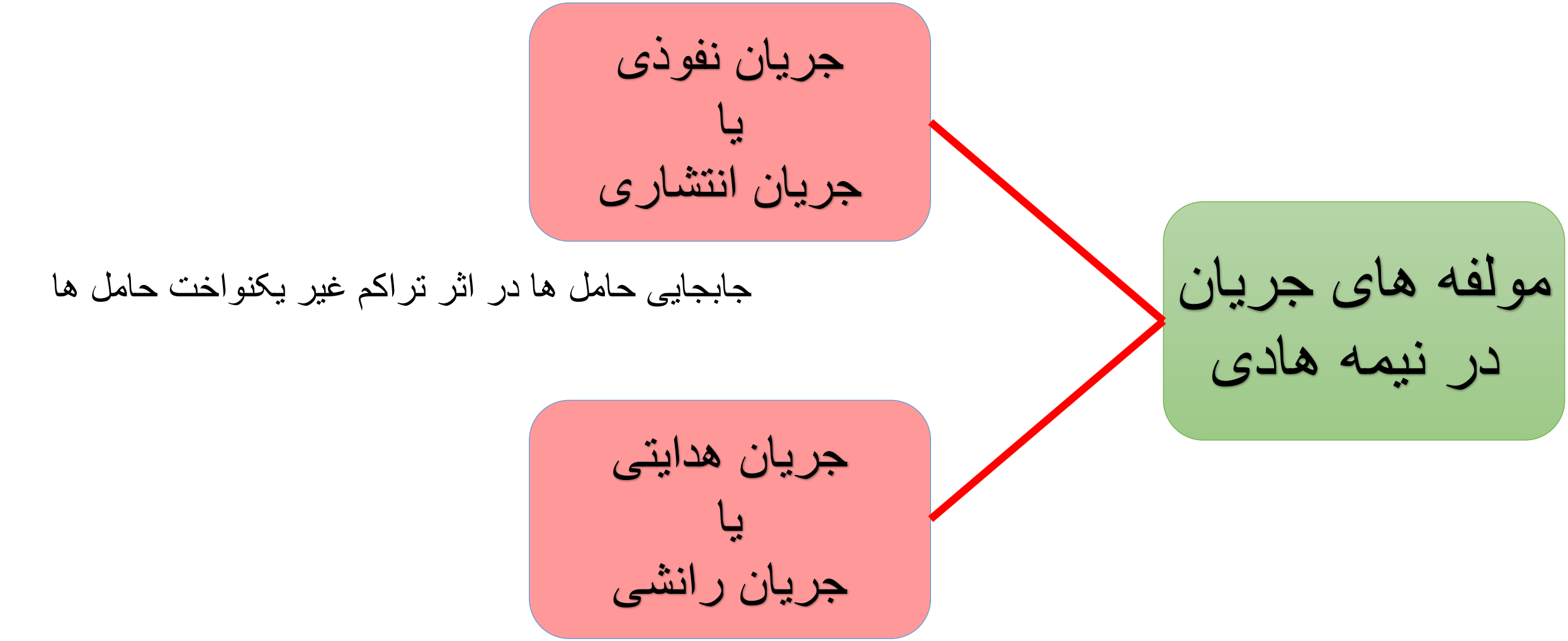
d → 10

f → 14

مولفه های جریان الکتریکی در نیمه هادی ها :

مبنای ایجاد جریان الکتریکی در اجسام جابه جایی بارهای الکتریکی است. چنانچه این جا به جایی به صورت تصادفی و بدون داشتن یک جهت مشخص انجام پذیرد جریان الکتریکی به وجود نمی آید.در نیمه هادی ها هر دو نوع حامل بار الکتریکی یعنی الکترونهای آزاد و حفره ها در ایجاد جریان دخالت دارند. جابه جایی این حامل ها ممکن است تحت تاثیر یک میدان الکتریکی صورت پذیرد، که در اینصورت آن را جریان هدایتی گویند.

جریان انتشاری از عدم یکنواختی تراکم حاملهای بار الکتریکی در نیمه هادی بوده و بدون وجود میدان الکتریکی خارجی می تواند برقرار شود.

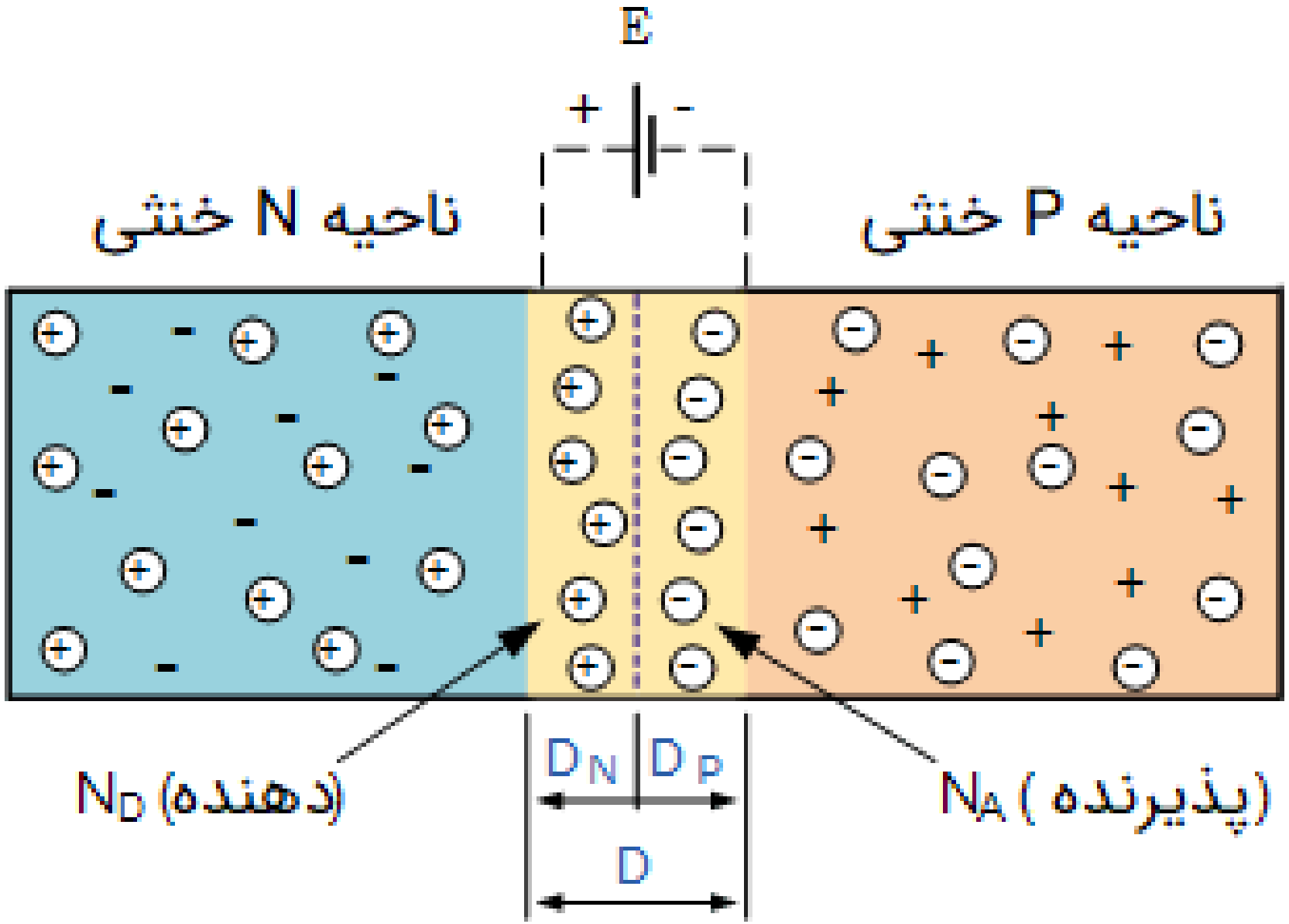

مولفه های جریان
در نیمه هادی
جریان نفوذی
یا
جریان انتشاری
جابجایی حامل ها در اثر تراکم غیر یکنواخت حامل ها
جریان هدایتی
یا
جریان رانشی
جابجایی حامل ها در اثر اعمال میدان الکتریکی

هنگامی که یک نیمه هادی نوع N به نیمه هادی از نوع P متصل می‌شود، پیوند **PN** به وجود می‌آید که اساس «دیود نیمه‌هادی» (Semiconductor Diode) است.

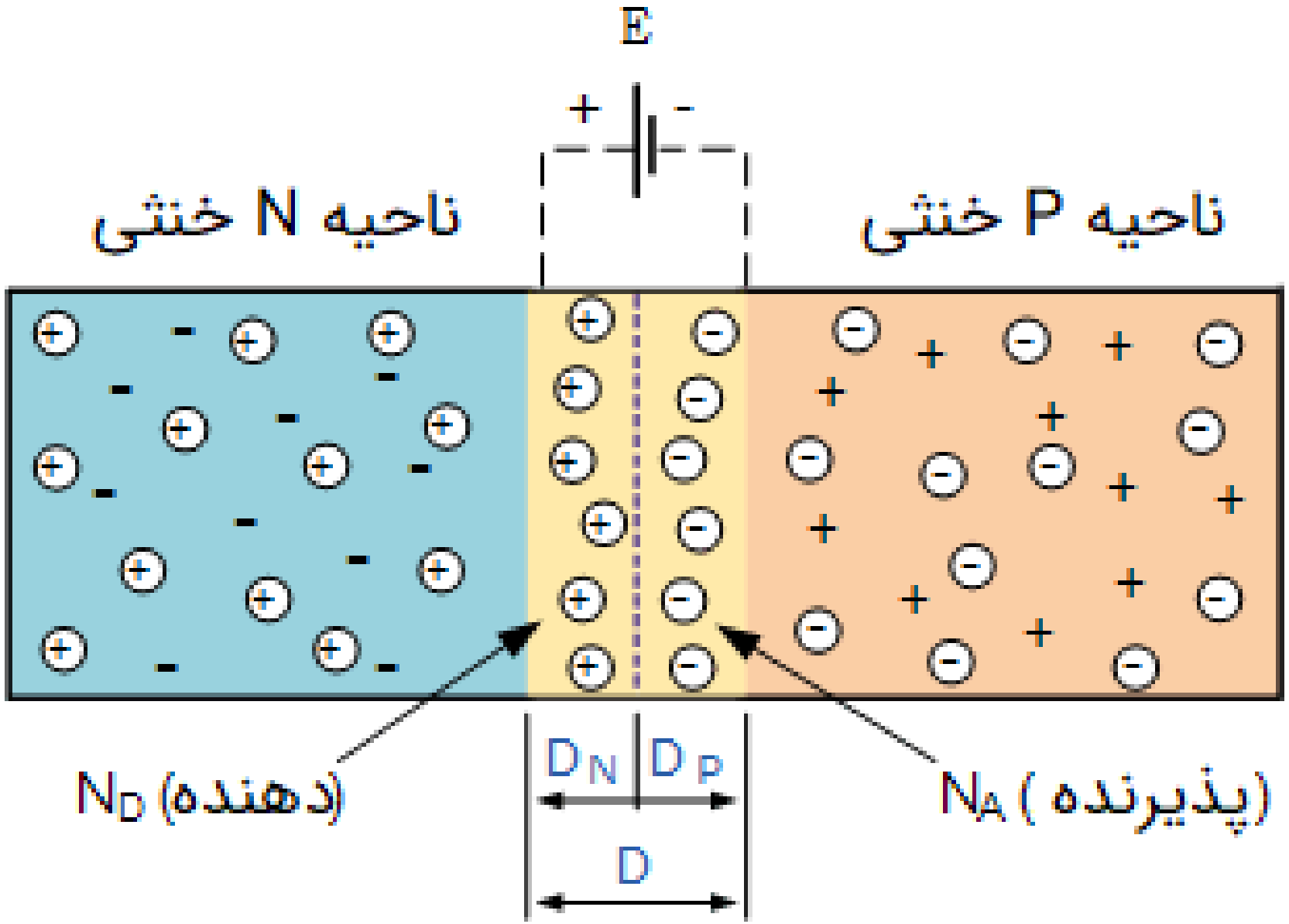
اساس پیوند PN

نیمه هادی‌های نوع N و P، از نظر الکتریکی خنثی هستند. یعنی بارهای مثبت و منفی در این نوع نیمه هادی‌ها، اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند. اما اگر این دو نیمه هادی به یکدیگر متصل شوند، رفتار متفاوتی از خود نشان خواهند داد که به نام **پیوند PN** یا (PN Junction) شناخته می‌شود.

در لحظه ابتدایی اتصال نیمه‌هادی‌های نوع N و نوع P، بین دو طرف پیوند PN گرادیان چگالی بار بزرگی وجود دارد. در نتیجه این «گرادیان چگالی» الکترون‌های آزاد از «اتم‌های ناخالص دهنده» به محل اتصال پیوند مهاجرت می‌کنند تا حفره‌های نیمه‌هادی نوع P را پر کنند. این اتم‌های دهنده در ناحیه منفی یا N پیوند وجود دارند. به این ترتیب، یون‌هایی با بار الکتریکی منفی در ناحیه P پیوند ایجاد می‌شود، زیرا الکترون‌های آزادِ موجود در نیمه هادی نوع N به ناحیه P در محل پیوند مهاجرت کرده‌اند. همانطور که گفتیم، الکترون‌ها از سیلیکن غیرذاتی نوع N به سمت سیلیکن غیر ذاتی نوع P حرکت می‌کنند و از پیوند PN عبور می‌کنند. مهاجرت این الکترون‌ها، باعث می‌شود که چگالی بار منفی در نیمه‌هادی نوع N کاهش پیدا کند. به این ترتیب، یون‌هایی با بار مثبت در محل اتصال و ناحیه منفی یا N ایجاد می‌شود که آن را N_D می‌نامند.


E
+
-
ناحیه N خنثی
ناحیه P خنثی
N_D (دهنده)
N_A (پذیرنده)
D_N
D_P
D

نیمه‌هادی نوع P نیز شامل «اتم‌های ناخالص پذیرنده» است که دریافت کننده الکترون‌های آزاد هستند. حفره‌ها در اتم‌های ناخالص پذیرنده، از پیوند در خلاف جهت عبور می‌کنند تا به ناحیه N که در آن الکترون‌های آزاد زیادی وجود دارد، برسند. با حرکت حفره‌ها از ناحیه P به سمت ناحیه N، چگالی بار مثبت در ناحیه P پیوند کاهش می‌یابد. به این ترتیب، محل پیوند در ناحیه P، از یون‌هایی با بار منفی پذیرنده پر می‌شود. این چگالی بار منفی را N_A می‌نامیم. با حرکت این حفره‌ها، چگالی بار در ناحیه N پیوند نیز مثبت می‌شود.

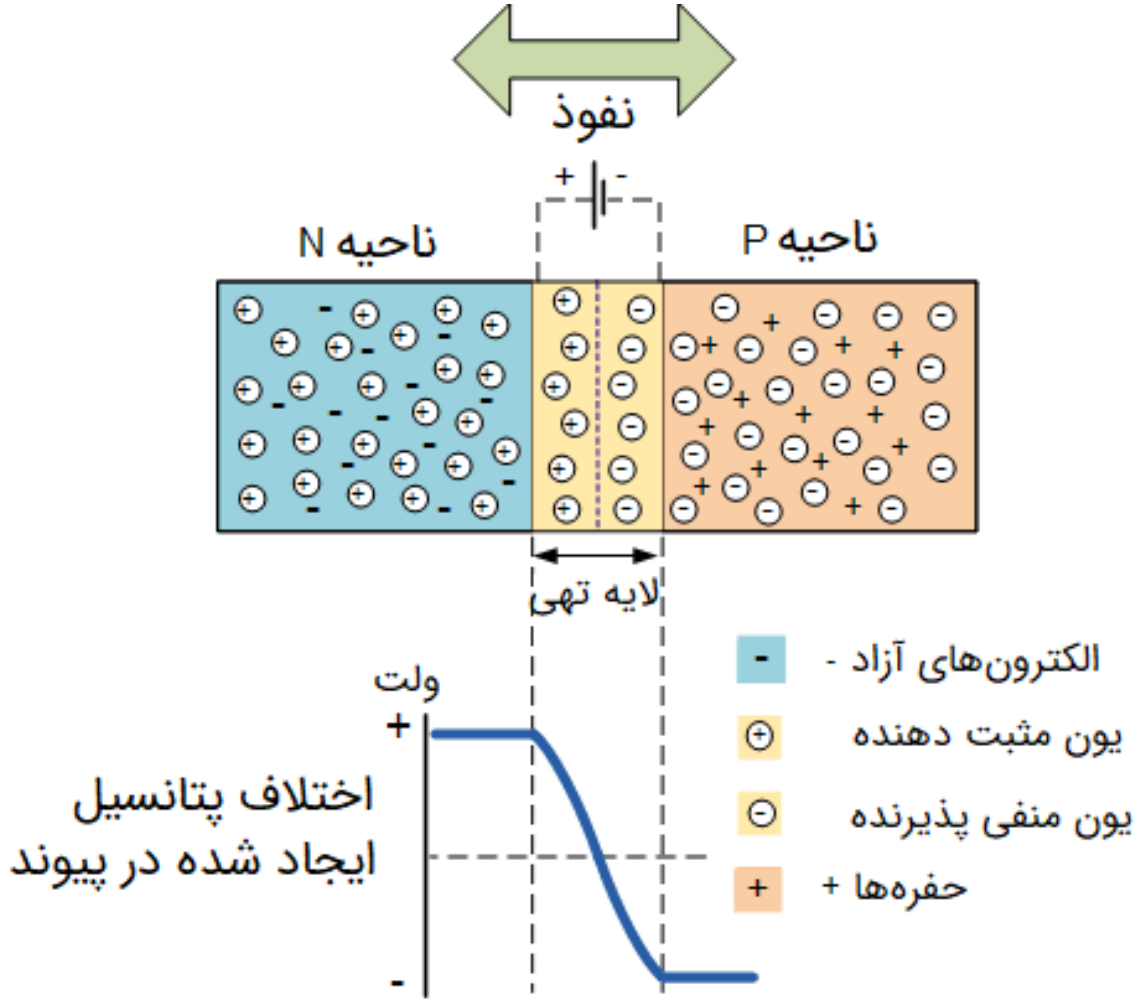

E
+
-
ناحیه N خنثی
ناحیه P خنثی
N_D (دهنده)
N_A (پذیرنده)
D_N
D_P
D

نفوذ در پیوند PN

در پیوند PN، هم بارهای مثبت (حفره‌ها) و هم بارهای منفی (الکترون‌های آزاد) امکان جابجایی دارند. حرکت بارهای مثبت و منفی یا الکترون‌ها و حفره‌ها در طول پیوند PN را «نفوذ» می‌نامند. عرض لایه‌های P و N به ترتیب به چگالی بار پذیرنده (N_A) و چگالی بار دهنده (N_D) در ناحیه پیوند بستگی دارد.

هرچه مهاجرت الکترون‌ها و حفره‌ها و عبور آنها از پیوند بیشتر شود، بار الکتریکی بیشتری در دو طرف پیوند جمع می‌شود. به این ترتیب، یک اختلاف پتانسیل بین دو طرف پیوند ایجاد می‌شود. این اختلاف پتانسیل با مهاجرت بیشتر حامل‌های بار و عبور آنها از پیوند، مخالفت می‌کند. سرانجام یک «حالت تعادل» در ناحیه پیوند ایجاد می‌شود که از نظر الکتریکی خنثی است. در این حالت یک ناحیه «سد پتانسیل» در فضای اطراف پیوند ایجاد می‌شود. هنگامی که سد پتانسیل ایجاد می‌شود، حفره‌ها در ناحیه P، اتم‌های دهنده با بار مثبت را دفع می‌کنند و الکترون‌ها در ناحیه N نیز، اتم‌های پذیرنده با بار منفی را دفع خواهند کرد. به این ترتیب، از مهاجرت بیشتر حامل‌های بار ممانعت به عمل می‌آید. به دلیل وجود این اختلاف پتانسیل، حامل‌های بار آزاد در محلی که سد پتانسیل وجود دارد، نمی‌مانند.

به این ترتیب، ناحیه پیوند به طور کامل از هر نوع بار آزاد خالی می‌شود. به این ناحیه در اطراف پیوند PN، «لایه تهی یا ناحیه تخلیه» گویند.

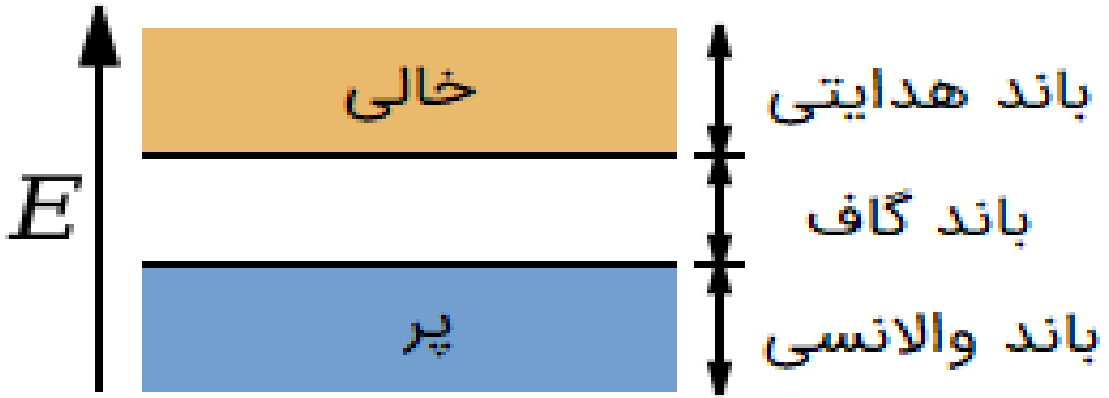


حالت‌های الکترون در نیمه‌هادی‌ها

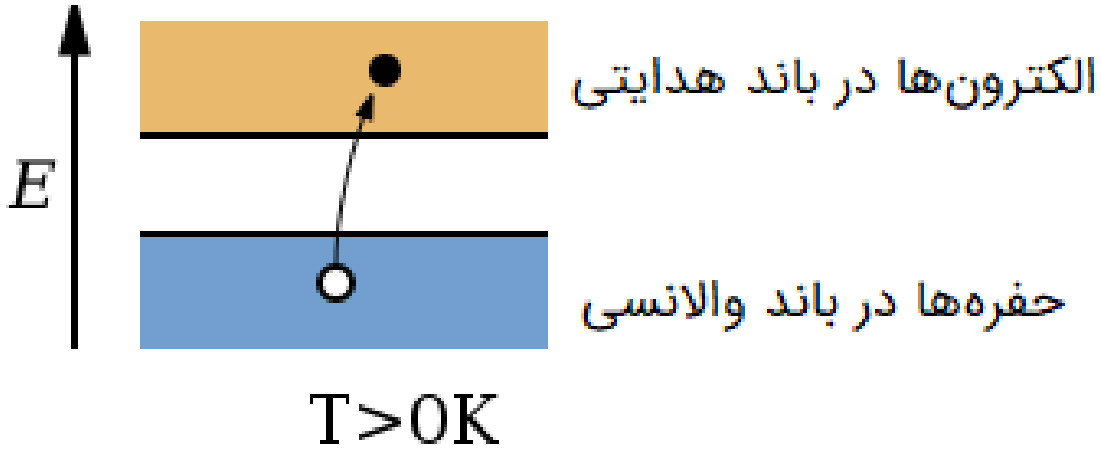
الکترون‌ها در یک جسم، حالت‌های مختلفی دارند که به آن، «حالت‌های الکترون» گفته می‌شود.

تعامل اتم‌ها در شبکه یک جسم، این حالت‌ها را به «باند انرژی» تبدیل می‌کند.

باندهای انرژی به وسیله «گاف‌های انرژی» از یکدیگر جدا می‌شوند.

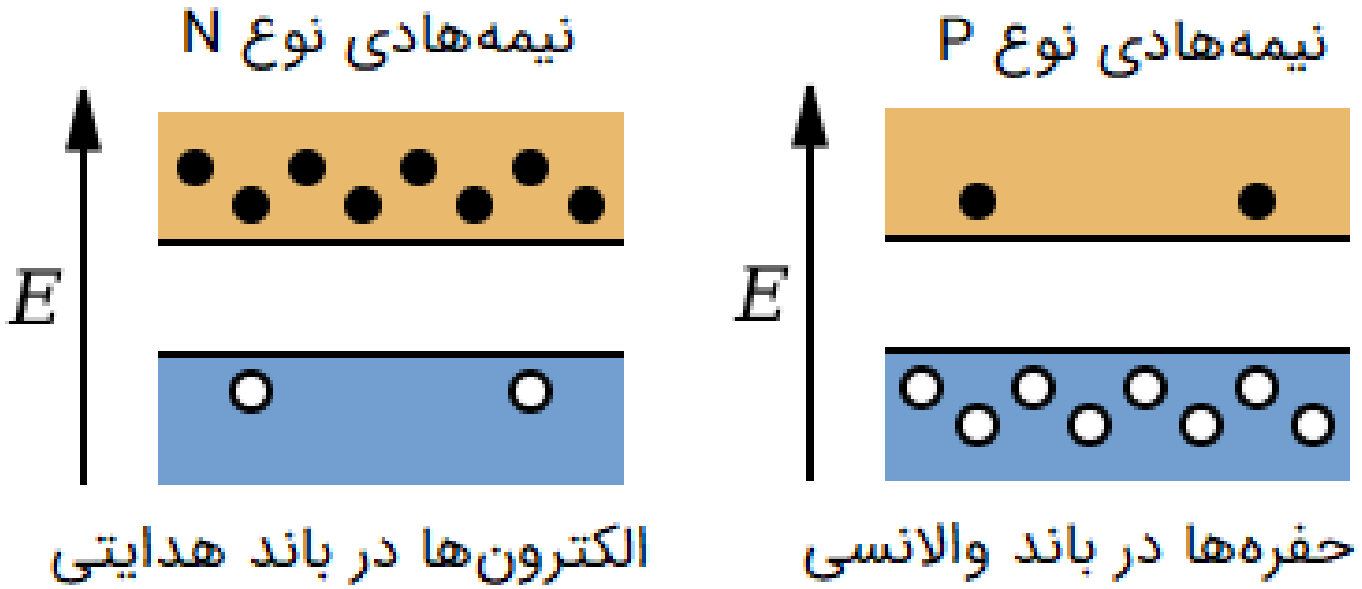


در دماهای بالاتر، انرژی حرارتی باعث می‌شود که تعدادی از الکترون‌ها از باند گاف عبور کنند و به باند هدایتی برسند. حرکت این الکترون‌ها باعث ایجاد حفره‌هایی با بار مثبت در محل قبلی الکترون‌ها می‌شود.

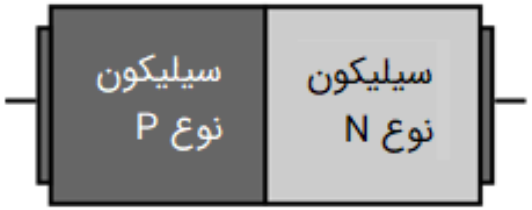


این الکترون‌های منتقل شده به باند هدایت به همراه حفره‌های ایجاد شده، می‌توانند باعث ایجاد جریان الکتریکی در نیمه هادی شوند. با افزایش دما، الکترون‌های بیشتری از باند گاف عبور کرده و به باند هدایتی می رسند و نیمه هادی، رسانای بهتری می شود.

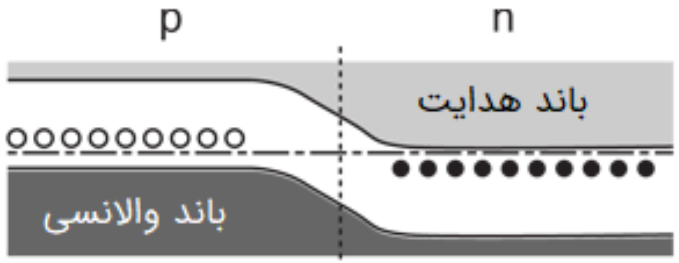
همانطور که گفتیم می‌توان با ناخالص کردن نیمه‌هادی و تبدیل آن به نیمه‌هادی نوع N و نوع P، الکترون‌ها یا حفره‌های آن را افزایش داد. در نیمه‌هادی نوع N، الکترون‌های باند هدایتی عامل ایجاد جریان و در نیمه‌هادی نوع P، حفره‌های باند والانسی عامل ایجاد جریان هستند.



یک پیوند PN در حالت تعادل را در نظر بگیرید. اگر باند انرژی الکترون را برای این پیوند رسم کنیم، خواهیم داشت:



پیوند PN

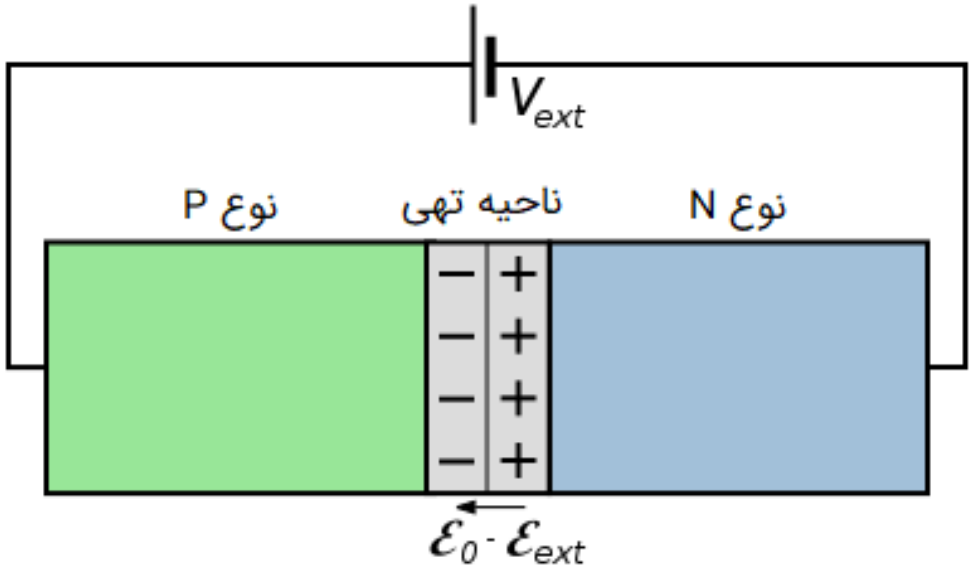


باند انرژی الکترون در حالت تعادل

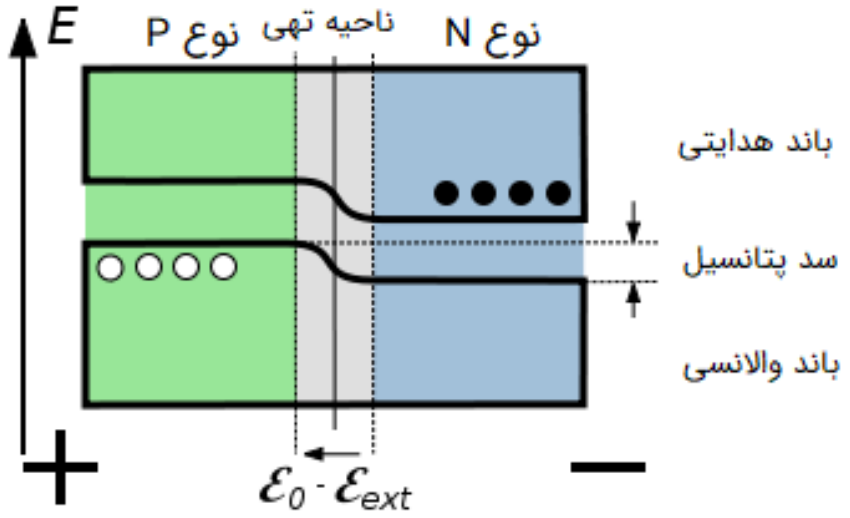
دایره‌های توخالی در سمت چپ نمایانگر حفره‌ها یا «نقصان الکترون» در شبکه هستند و مانند حامل‌های بار مثبت عمل می‌کنند. دایره‌های توپر در سمت راست پیوند، نمایانگر الکترون‌های موجود در نیمه‌هادی نوع N هستند. همانطور که گفتیم انتشار الکترون‌ها در نزدیکی محل پیوند برای ترکیب با حفره‌ها، یک ناحیه تهی ایجاد می‌کند. سطح انرژی نشان داده شده در این شکل، یک راه برای نمایش «شرایط تعادل» در پیوند PN است. جهت بالا، نمایانگر سطح انرژی بیشتر برای الکترون است.

بایاس مستقیم

حال فرض کنید پیوند PN به یک منبع ولتاژ متصل شود. به طوری که قطب منفی منبع ولتاژ به نیمه‌هادی نوع N و قطب مثبت آن به نیمه‌هادی نوع P وصل شود. در این حالت، میدان الکتریکی خارجی (Eext) با میدان الکتریکی داخلی (E_0) مخالفت می‌کند. بنابراین، میدان الکتریکی کلی به صورت $E_0 - E_{ext}$ خواهد بود. شکل زیر، این پتانسیل اعمالی را نشان می‌دهد:



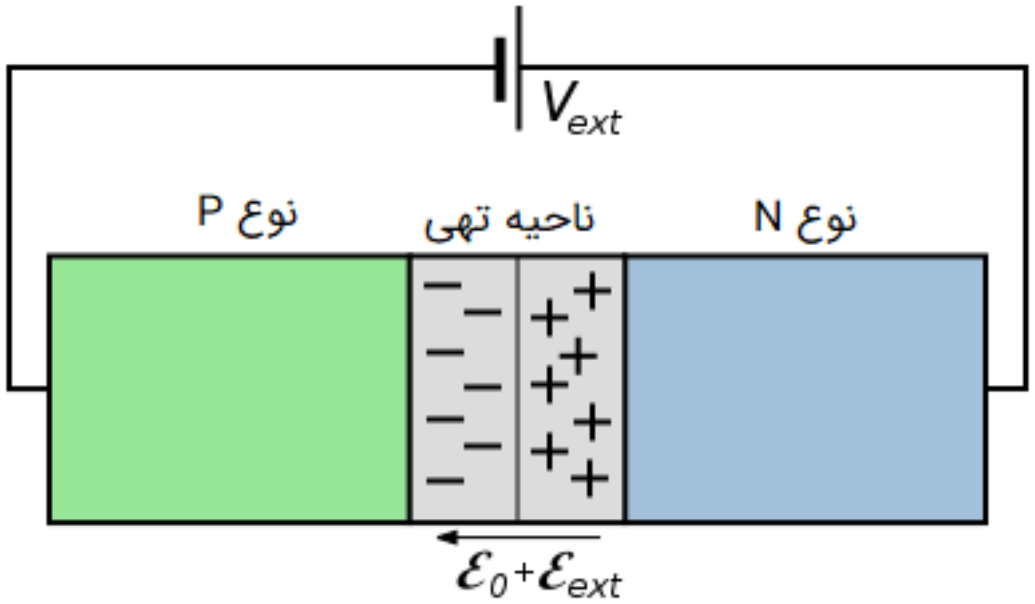
با اعمال این ولتاژ با پلاریته مستقیم به پیوند PN، میدان الکتریکی مخالفت کننده با عبور حامل‌های بار کاهش می‌یابد. بنابراین، الکترون‌ها انرژی لازم برای غلبه بر نیروی کولن در ناحیه تهی را کسب می‌کنند و بدون هیچ‌گونه مقاومتی در جهت مستقیم حرکت خواهند کرد. به این ترتیب، تعدادی از حامل‌های بار نفوذ می‌کنند. میدان الکتریکی کاهش یافته، مجددا پیوند را به شرایط تعادل می‌رساند. اما پهنای ناحیه تهی کمتر می‌شود. شکل زیر، باند انرژی را در حالت بایاس مستقیم نشان می‌دهد:



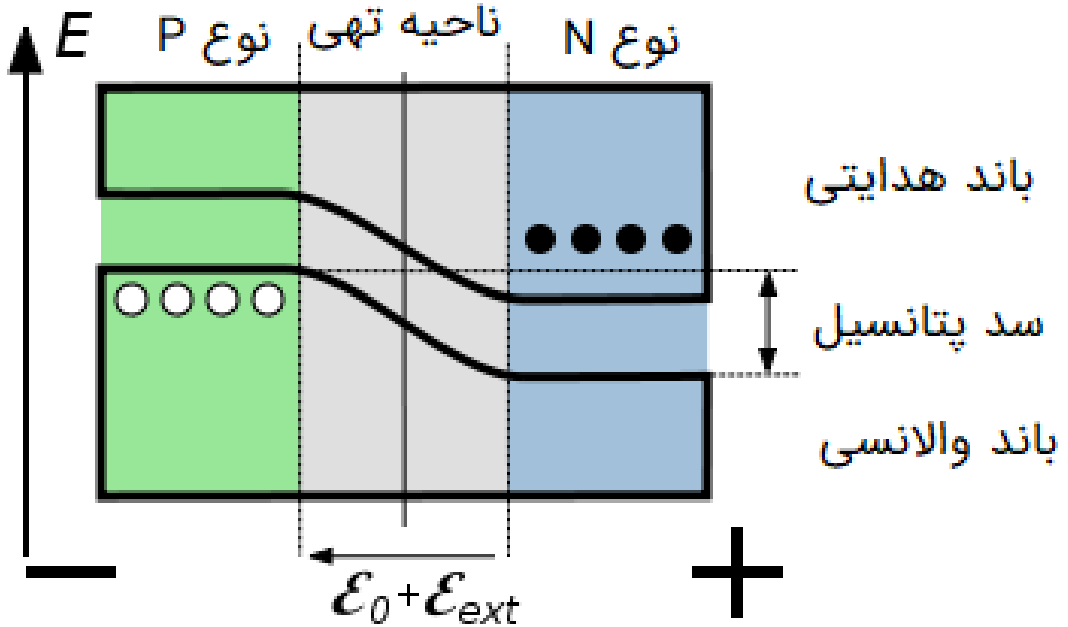
با کاهش ولتاژ سد پتانسیل، بعضی الکترون‌ها و حفره‌ها به دلیل کسب انرژی حرارتی، می‌توانند از ناحیه تهی عبور کنند. اگر پتانسیل خارجی اعمال شده بزرگتر از پتانسیل داخلی باشد، سد پتانسیل معکوس می‌شود و الکترون‌ها و حفره‌ها بدون هیچ‌گونه مقاومتی از پیوند عبور می‌کنند.

بایاس معکوس

حال فرض کنید پیوند PN را به یک منبع ولتاژ به گونه‌ای وصل کنیم که نیمه‌هادی نوع N به قطب مثبت و نیمه‌هادی نوع P به قطب منفی منبع ولتاژ متصل شود. در این حالت، میدان الکتریکی خارجی E_{ext} با میدان الکتریکی داخلی E_0 هم‌جهت هستند. بنابراین، میدان الکتریکی کلی به صورت $E_0 + E_{ext}$ خواهد بود. شکل زیر، این پتانسیل اعمالی را نشان می‌دهد:



با اعمال این ولتاژ با پلاریته معکوس به پیوند PN، الکترون‌ها قابلیت عبور از پیوند را از دست می‌دهند. این مسئله باعث می‌شود حامل‌های بار به بیرون پیوند رانده شوند. برای آنکه در این حالت هدایت صورت گیرد، الکترون‌ها باید از ناحیه N به طرف پیوند حرکت کنند. ولتاژ معکوس، الکترون‌ها را از پیوند دور می‌کند. به این ترتیب، شرایط برای رسانایی این پیوند نامساعد می‌شود. به همین دلیل، عرض ناحیه تهی بیشتر می‌شود و میدان خارجی بر خلاف حامل‌های بار عمل خواهد کرد. شکل زیر، باند انرژی در حالت بایاس معکوس را نشان می‌دهد:

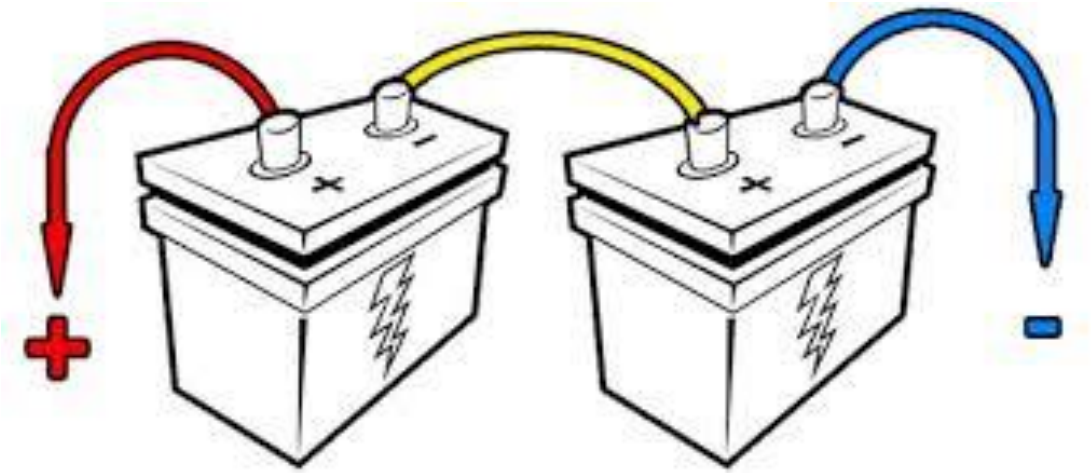


به این ترتیب، «حامل‌های اکثریت» که همان الکترون‌ها در نیمه‌هادی نوع N و حفره‌ها در نیمه‌هادی نوع P هستند، عامل عبور هیچ جریانی نخواهند بود. در این حالت فقط یک جریان قابلیت عبور دارد و آن «جریان نشتی» است که «حامل‌های اقلیت» (حفره‌ها در نیمه‌هادی نوع N و الکترون‌ها در نیمه‌هادی نوع P) ایجاد کننده آن هستند. از آنجا که این حامل‌ها تراکم چندانی ندارند، این جریان بسیار کوچک و در حد چند نانوآمپر خواهد بود.

پتانسیل داخلی با عبور حفره‌ها و الکترون‌ها از پیوند مخالفت می‌کند و به همین دلیل است که به آن سد پتانسیل می‌گویند. در عمل، پیوند PN به صورت کریستال از یک ماده ساخته می‌شود و آمیختن یا الحاق مواد مختلف برای ساخت پیوند PN پیشنهاد نمی‌شود. در نتیجه، پیوند PN مشخصات یکسوکنندگی ولتاژ-جریان (V-I) را دارد. دو طرف نیمه‌هادی به پایه‌های الکتریکی وصل می‌شود تا اتصال نیمه‌هادی به مدارهای خارجی ممکن شود

نتیجه کلی : می‌توان با اتصال دو ماده نیمه‌هادی با ناخالصی‌های متفاوت، یک پیوند PN ایجاد کرد. به قطعه الکترونیکی ایجاد شده، **دیود** گویند. دیودها، قطعاتی نیمه‌هادی هستند و اساس ساختارهای «یکسوساز» (Rectifier) را تشکیل می‌دهند.

اتصال باطری ها



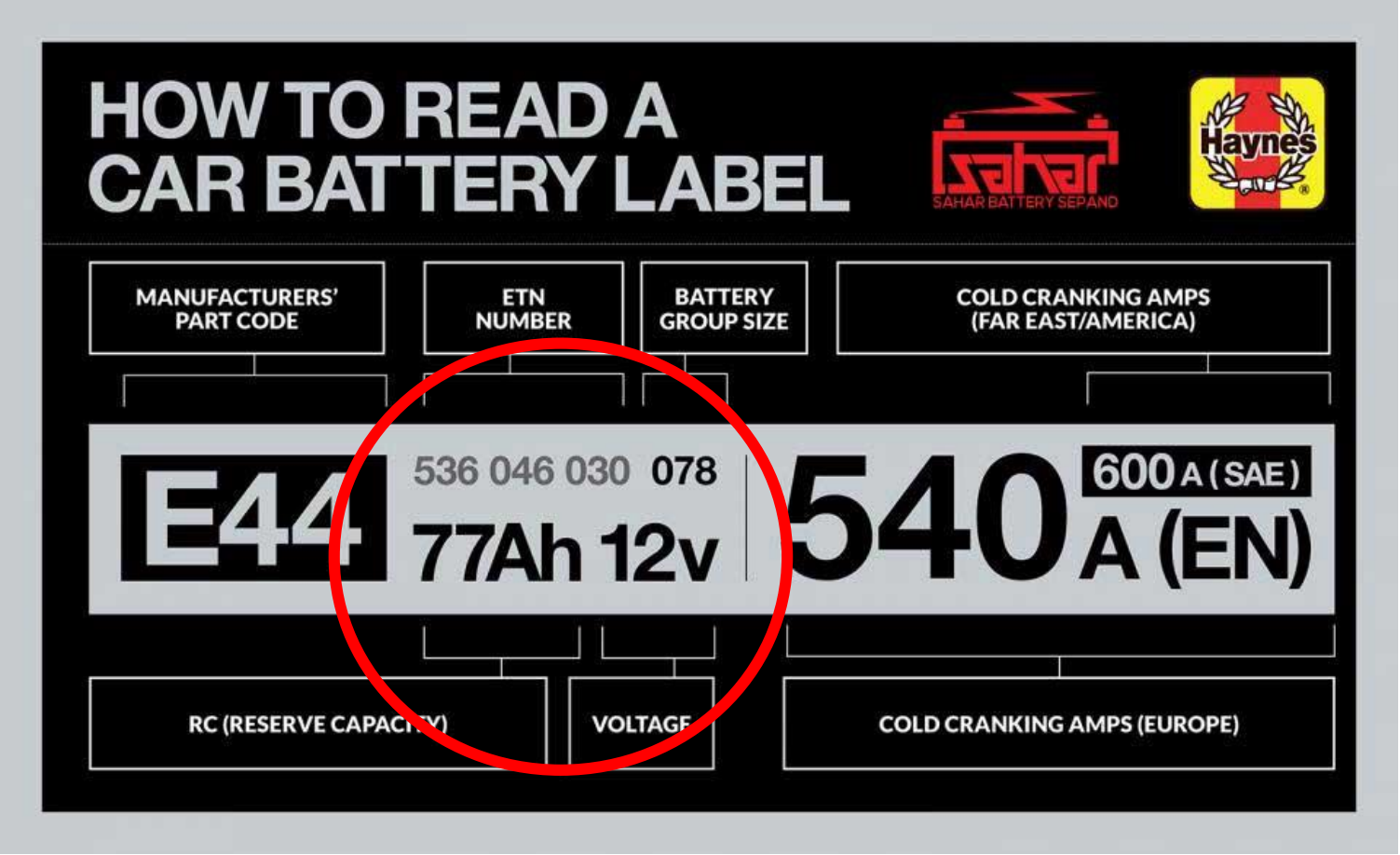
۱) اتصال سری

- افزایش میزان ولتاژ خروجی
- ثابت ماندن ظرفیت خروجی

مثال : اتصال دو باطری 12 v با ظرفیت 60 Ah به روش سری؟

ولتاژ = 24 v
ظرفیت = 60 Ah

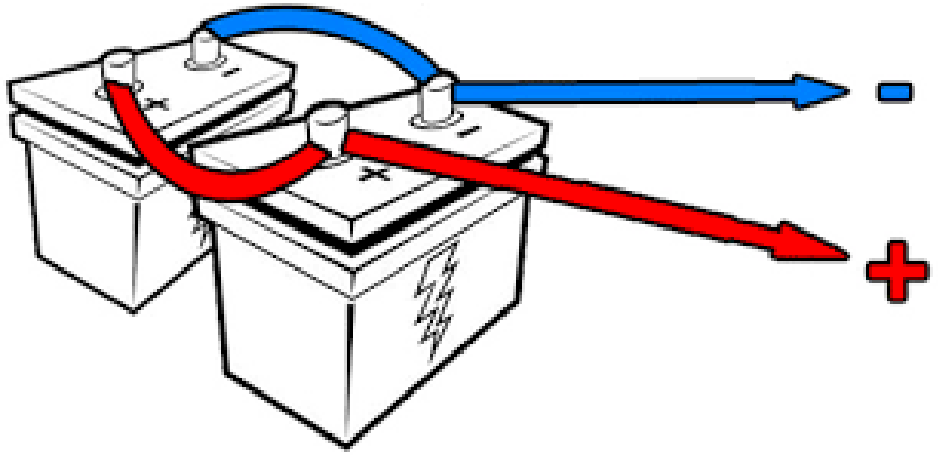
ظرفیت باطری


HOW TO READ A CAR BATTERY LABEL
SAHAR BATTERY SEPAND
Haynes
MANUFACTURERS' PART CODE
ETN NUMBER
BATTERY GROUP SIZE
COLD CRANKING AMPS (FAR EAST/AMERICA)
E44
536 046 030 078
77Ah 12v
540
600 A (SAE)
A (EN)
RC (RESERVE CAPACITY)
VOLTAGE
COLD CRANKING AMPS (EUROPE)

50 Ah → 1 A → 50 h

50 Ah → 2 A → 25 h

۲) اتصال موازی



افزایش ظرفیت خروجی

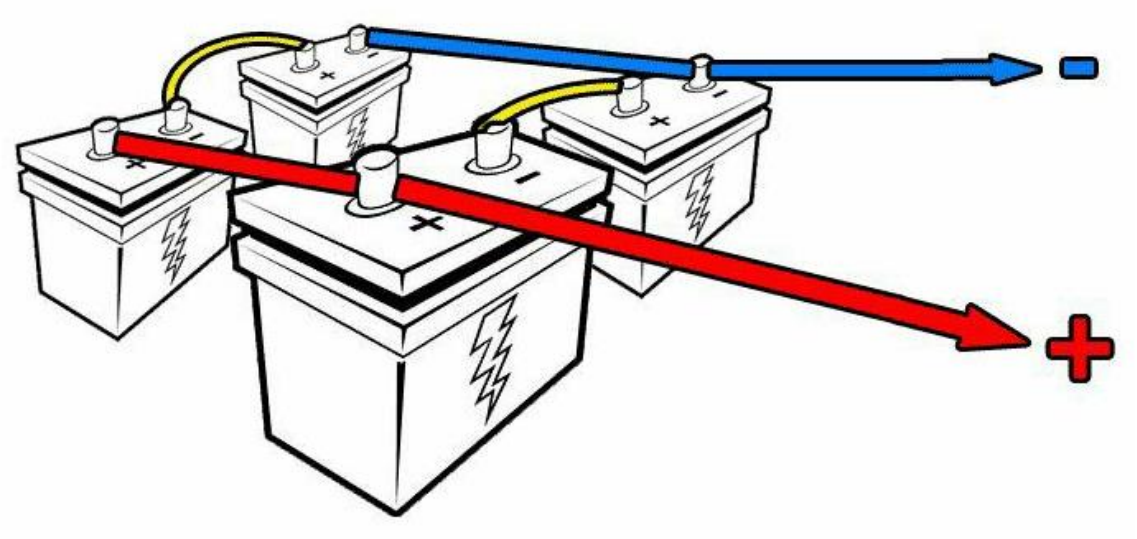
ثابت ماندن ولتاژ خروجی

مثال : اتصال دو باطری 12 v با ظرفیت 55 Ah به روش موازی؟

ولتاژ = 12 v

ظرفیت = 110 Ah

۳) اتصال سری - موازی



افزایش ولتاژ خروجی

افزایش ظرفیت خروجی

مثال : اتصال ۴ باطری 12 v با ظرفیت 50 Ah به روش سری - موازی؟

ولتاژ = 24 v

ظرفیت = 100 Ah

مدار الکتریکی

برای داشتن جریان مستمر برق وجود سه عامل لازم است : زیاد بودن الکترون در یک مکان ، کمبود یا نبودن الکترون در مکان دیگر و مسیر ارتباطی بین این دو مکان.
اگر ما یک باطری داشته باشیم یک سمت این باطری قطب مثبت و سمت دیگر قطب منفی باشد، در قطب منفی تجمع الکترون و در قطب مثبت نبود و یا کمبود الکترون را خواهیم داشت . حال اگر یک ماده رسانا مثل یک سیم مسی را برای اتصال این دو نقطه با یک لامپ بکار گیریم، جاذبه قطب مثبت بر روی الکترونهای جمع شده در قطب منفی باعث حرکت الکترونها درون سیم رسانا و لامپ می گردد که همان جریان برق درون مدار است و لامپ را روشن می کند. تا زمانی که در یک قطب الکترون اضافی و در قطب دیگر کمبود الکترون باشد این جریان برقرار خواهد بود. وقتی همه الکترونها به سمت قطب مثبت حرکت کردند در این حالت چون دیگر الکترونی برای حرکت نمانده است، جریان برق قطع، باطری به اصطلاح دشارژ شده و لامپ خاموش می شود. این ارتباط بین قطب های مثبت و منفی یک منبع که باعث کار کردن مصرف کننده می شود را مدار الکتریکی گویند.

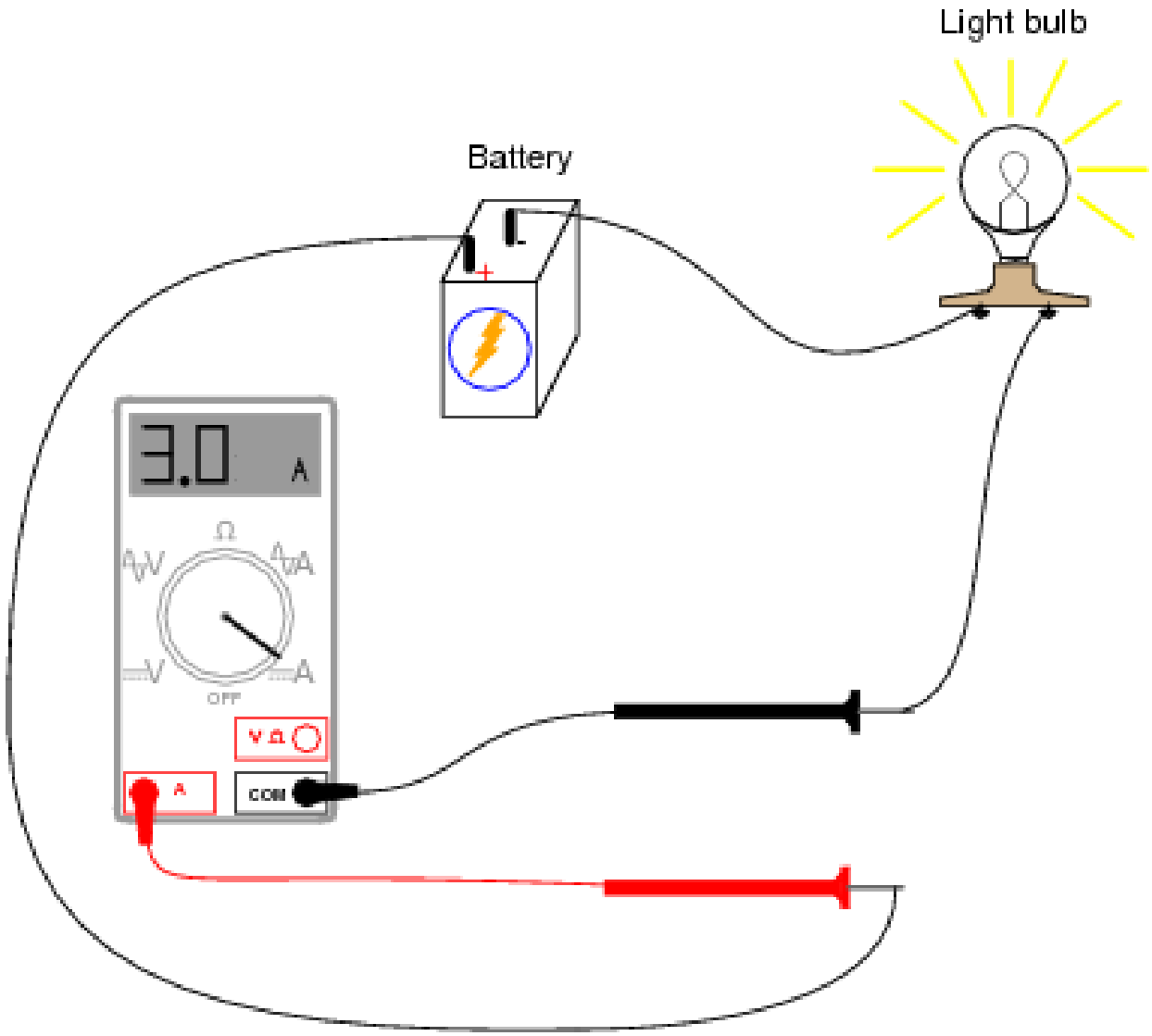
بیشترمشکلاتی که ممکن است برای یک مدار اتفاق بیفتد عبارتند از : قطعی ، برق دزدی و اتصال کوتاه شدن مدار. که فقط ممکن است شکل حادث شدن آن تغییر کند مثلا در یکی با سوختن سیم کشی و دیگری با روشن نشدن مصرف کننده و دیگری با دشارژ شدن منبع تغذیه و ...

پس از شناخت مدار الکتریکی نیاز است که با سه کمیت بسیار مهم که در مدارات الکتریکی بسیار تاثیر گذار هستند، آشنا شویم. این سه پارامتر یا کمیت مهم شامل : اختلاف پتانسیل ، شدت جریان و مقاومت الکتریکی می باشند.

شدت جریان الکتریکی :

زمانیکه الکترونهای آزاد در بین اتمهای ماده رسانا حرکت می کنند، جریان برق تولید می شود. این پدیده ای است که در یک قطعه سیم اتفاق می افتد. الکترونهای آزاد از یک اتم به اتم دیگر منتقل شده و جریان برق را از یک طرف به طرف دیگر برقرار می کنند.

هرچه تعداد الکترونهایی که در یک زمان مشخص درون یک نقطه از رسانا عبور می کنند بیشتر باشد جریان عبوری از آن رسانا بیشتر خواهد بود.
بنا به تعریف مقدار بار الکتریکی که از یک نقطه سیم در طی مدت زمان معین عبور می کند شدت جریان الکتریکی نامیده می شود.
هرگاه از یک هادی تعداد 6.23×10^{18} الکترون در یک ثانیه بگذرد شدت جریان الکتریکی یک آمپر خواهد بود.
شدت جریان الکتریکی را با حرف (I) نشان می دهند و واحد اندازه گیری آن نیز آمپر (A) است. برای اندازه گیری شدت جریان یک مدار از ابزاری به نام آمپرمتر استفاده می شود.
برای اندازه گیری جریان آمپرمتر به صورت **سری** در مدار قرار می گیرد. بدلیل مقاوت درونی بسیار کم آمپرمتر تمام جریان عبوری از آن می گذرد.
برای اندازه گیری جریان در هر بخش از مدار باید مدار راقطع کرده و پراب های آمپرمتر را بین محلی که از آنجا مدار قطع شده است وصل نمایید تا آمپرمتر به صورت سری در مدار قرار گیرد.



V = 12 v

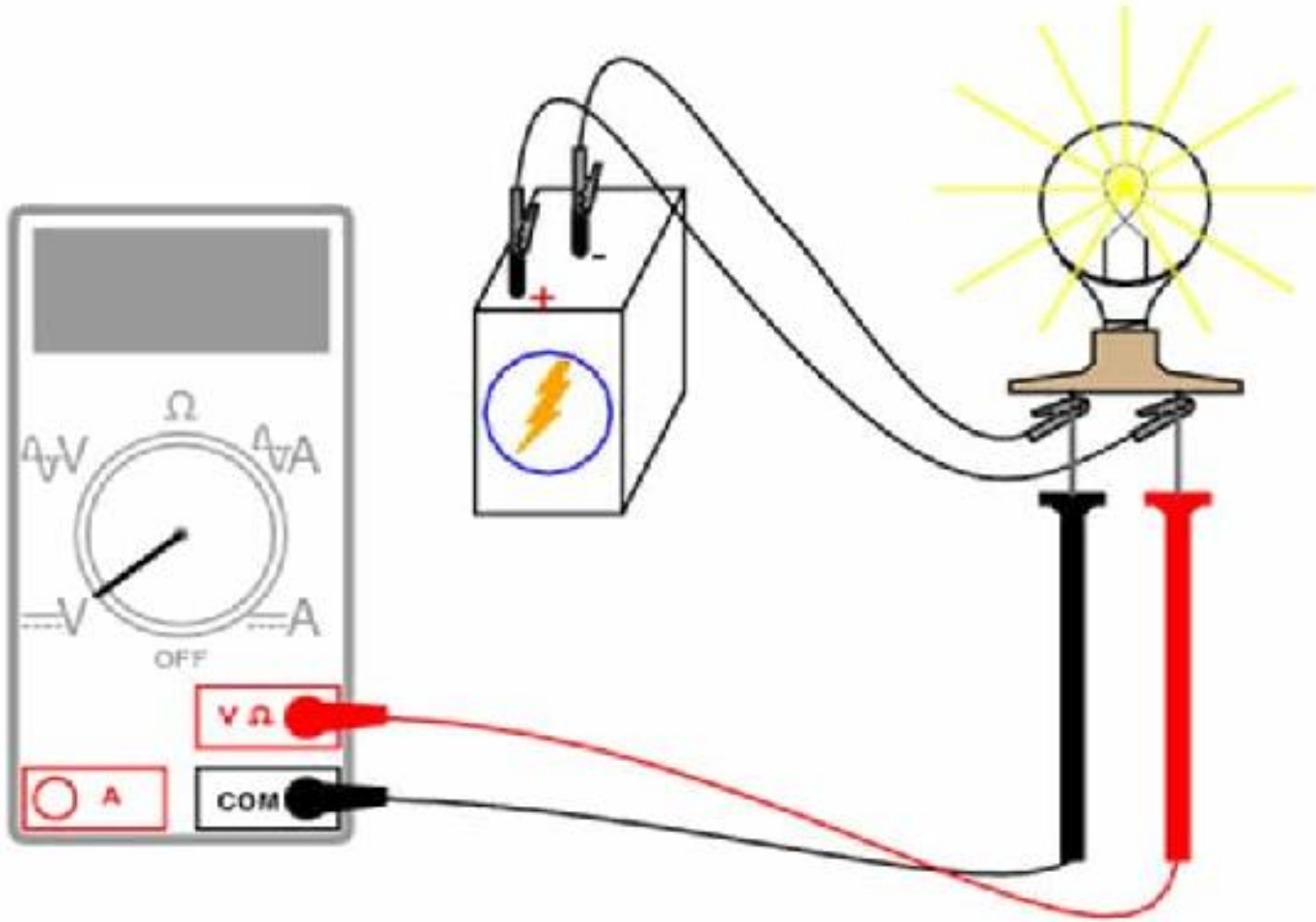
I = 3.0 A

R = 4 Ω

ولتاژ الکتریکی :

عامل و نیروی لازم برای حرکت الکترون اختلاف پتانسیل بین دو نقطه مدار الکتریکی است .
پس در یک منبع الکتریکی مثل باطری اختلاف تعداد الکترون های موجود در دو قطب مثبت (کمبود الکترون) و منفی (تجمع الکترون) همان اختلاف پتانسیل الکتریکی یا ولتاژ است که می تواند جریان الکترون ها را در یک مدار برقرار کند. اگر اختلاف پتانسیلی وجود نداشته باشد جریان ایجاد نمی شود. به عبارت دیگر برای تولید جریان نیاز به یک نیرو داریم که آن را از منابع تولید نیرو مانند باطری می گیریم و ساده تر آنکه نیروی لازم جهت ایجاد جریان ولتاژ نام دارد که واحد اندازه گیری آن ولت است. که با حرف V نمایش داده می شود و توسط ابزاری بنام ولت متر اندازه گیری می شود. ولت متر به صورت **موازی** به دو سر مصرف کننده و یا منبع الکتریکی وصل می گردد.
مقاومت درونی ولت متر باید آنقدر زیاد باشد که هیچ جریانی از آن عبور نکند تا بتواند ولتاژ واقعی مصرف کننده را بدون تغییر در جریان مدار به ما نشان دهد.

آموزش کار با مولتی متر



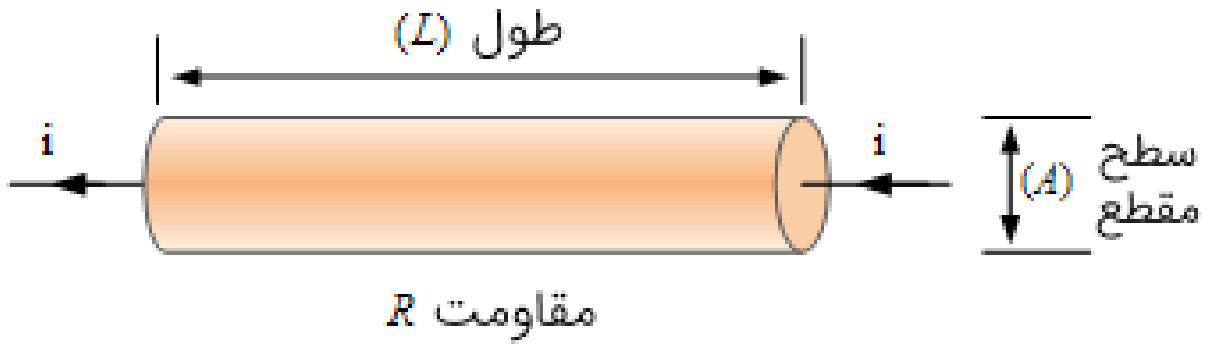
برای اندازه گیری ولتاژ ولت متر را به صورت موازی در مدار قرار می دهیم

مقاومت الکتریکی :

الکترونها در هادی ها براحتی نمی توانند حرکت کنند زیرا در مسیر حرکت آنها موانعی وجود دارد که بطور ساده آنها را مقاومت هادی در برابر عبور جریان می گوییم. هر چقدر این موانع کمتر باشند عبور جریان برق در هر یک از اشیاء متفاوت است. مقاومت هر ماده میزان قابلیت هدایت جریان برق را نشان می دهد. مقاومت الکتریکی در واقع خاصیتی است که در مقابل عبور جریان الکتریکی از خود مخالفت نشان می دهد. این مخالفت گاهی مانند مقاومت الکتریکی سیم های رابط به صورت ناخواسته و مزاحم باعث ایجاد تلفات الکتریکی می شود و گاهی می تواند به عنوان عاملی از پیش تعیین شده به صورت یک مصرف کننده در مدارهای الکتریکی قرار گیرد. طبق تعریف در صورتی که ولتاژ یک ولتی به دو سر مقاومتی اعمال شود و جریان یک آمپر از آن عبور کند، مقاومت مدار یک اهم است.

مقاومت را با R نمایش می دهند و واحد آن اهم (Ω) است که برای اندازه گیری آن از اهم متر استفاده میشود و باید قطعه مورد نظر از مدار خارج تا مقاومت دقیق آن اندازه گیری شود و اهم متر با آن بصورت **موازی** قرار می گیرد.

اما **مقاومت الکتریکی** بین دو نقطه به عوامل مختلفی از جمله طول هادی، اندازه سطح مقطع آن، دما و جنس ماده تشکیل دهنده آن بستگی دارد. برای مثال، فرض کنید مطابق شکل زیر قطعه‌ای سیم (رسانا) به طول L سطح مقطع A و مقاومت R داریم.



مقاومت الکتریکی R این هادی ، تابعی از طول L و سطح مقطع A است.

مقاومت یک هادی رابطه مستقیم با طول آن و رابطه معکوس با سطح مقطع دارد:

$$R \propto \frac{L}{A}$$

همان طور که طول و سطح مقطع یک هادی بر مقاومت الکتریکی آن اثر دارند، **جنس ماده** تشکیل دهنده هادی نیز بر مقاومت الکتریکی تأثیر خواهد داشت. زیرا هادی‌هایی مانند مس، نقره، آلومینیوم و... ویژگی‌های الکتریکی و فیزیکی متفاوتی دارند. بنابراین، می‌توانیم علامت تناسب (∝) بالا را حذف کرده و معادله مربوط به مقاومت را با اضافه کردن یک ضریب تناسب به صورت زیر بنویسیم:

$$R = \rho \left(\frac{L}{A}\right)$$

که در آن، R مقاومت برحسب اهم (Ω) ، L طول برحسب متر (m) ، A اندازه سطح مقطع برحسب متر مربع (m2) است. همچنین ثابت تناسب ρ به عنوان «مقاومت ویژه» شناخته می‌شود.

مقاومت ویژه الکتریکی

مقاومت ویژه الکتریکی یک ماده رسانای خاص، یک ویژگی از ماده است که بیان می‌کند آن ماده چه اندازه در برابر جریان الکتریکی مخالفت می‌کند. با این عامل می‌توان در یک دمای مشخص چند ماده رسانا را بدون توجه به طول و سطح مقطع با یکدیگر مقایسه کرد. هرچه مقاومت ویژه بالاتر باشد، مقاومت رسانا نیز بیشتر است.

برای مثال، مقاومت ویژه یک هادی خوب مانند مس برابر با 1.72×10^{-8} اهم-متر است، در حالی که مقاومت ویژه یک هادی ضعیف (عایق) مانند هوا حدود 1.5×10^{14} اهم-متر است.

ماده‌هایی مانند مس و آلومینیوم، به دلیل مقاومت ویژه کمی که دارند، به عنوان رساناهای خوبی شناخته می‌شوند و جریان را به آسانی از خود عبور می‌دهند و به همین دلیل، در کابل‌ها و سیم‌ها به کار می‌روند. نقره و طلا مقاومت ویژه بسیار کمتری دارند، اما به دلیل آنکه بسیار گران هستند، از آن‌ها در سیم‌ها و کابل‌های الکتریکی استفاده نمی‌شود.

به طور خلاصه، عواملی که بر مقاومت (R) یک هادی تأثیر می‌گذارند، به صورت زیر هستند:

- ✓ مقاومت ویژه (ρ) ماده‌ای که هادی از آن ساخته شده است.
- ✓ طول کل هادی (L)
- ✓ مساحت سطح مقطع هادی (A)
- ✓ دمای هادی

نقـره	$1/59\times10^{-8}$	نیمه هادی ها	
مس	$1/72\times10^{-8}$	ژرمانیـوم	۰/۵
طلا	$2/44\times10^{-8}$	سیلیسیوم	۲۰ – ۲۳۰۰
آلومینیوم	$2/82\times10^{-8}$	نـارسـانـا ها	
تنـگسـتن	$5/6\times10^{-8}$	میـکا	10^{11} – 10^{15}
آهـن	$9/7\times10^{-8}$	لاستیک	10^{13} – 10^{16}
جـیـوه	$95/8\times10^{-8}$	تفلون	10^{16}
نیـکـروم	100×10^{-8}	چوب	3×10^{10}

مقاومت ویژه، مقاومت الکتریکی برحسب واحد طول و واحد سطح مقطع است. بنابراین، برای ماده خاص در یک دمای مشخص، مقاومت ویژه الکتریکی برابر است با :

$$\rho = \frac{R \times A}{L} = \frac{\text{Ohms} \times \text{meters}^2}{\text{meters}} = \Omega \cdot \text{m}$$

مثال ۱:

مقاومت DC کل یک سیم مسی 100 متری را با سطح مقطع $2.5\ mm^2$ به دست آورید.
فرض کنید دما 20 درجه سانتیگراد و مقاومت ویژه 1.72×10^{-8} اهم-متر است.