Diode effect in magnetic tunnel junctions with impurities

مقاومت مغناطیسی MagnetoResistance

مقاومت الکتریکی ماده تحت تأثیر میدان مغناطیسی خارجی تغییر می کند. (مقاومت مغناطیسی MR)

همه ی فلزات یک مقاومت مغناطیسی ذاتی (البته بسیار کوچک) به واسطه ی نیروی لورنتس دارند.

برای آلیاژ $Ni_{0.8}Fe_{0.2}$ حدود چند درصد

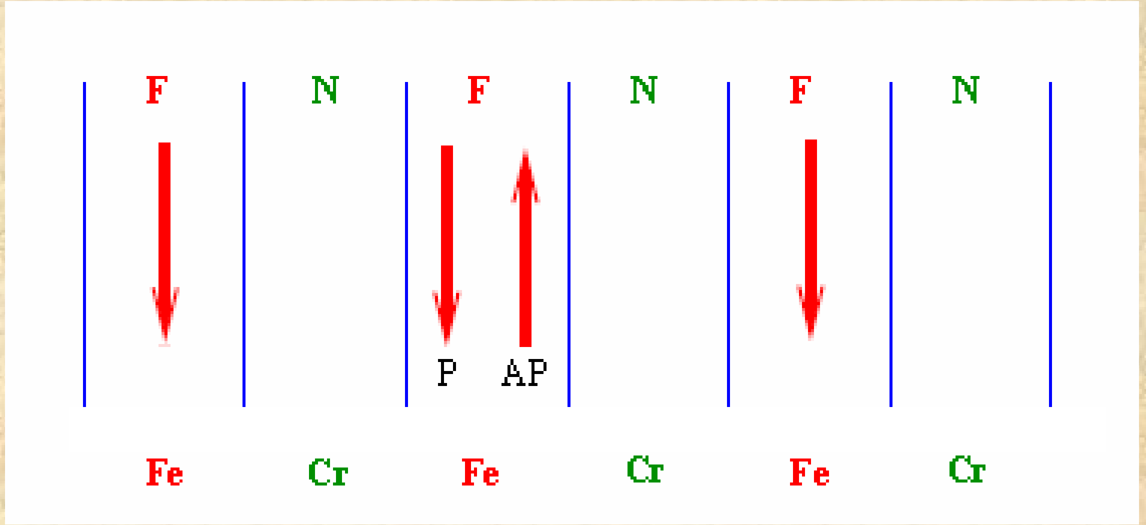
کاربرد: حسگرهای مغناطیسی

حافظه های مغناطیسی ؟

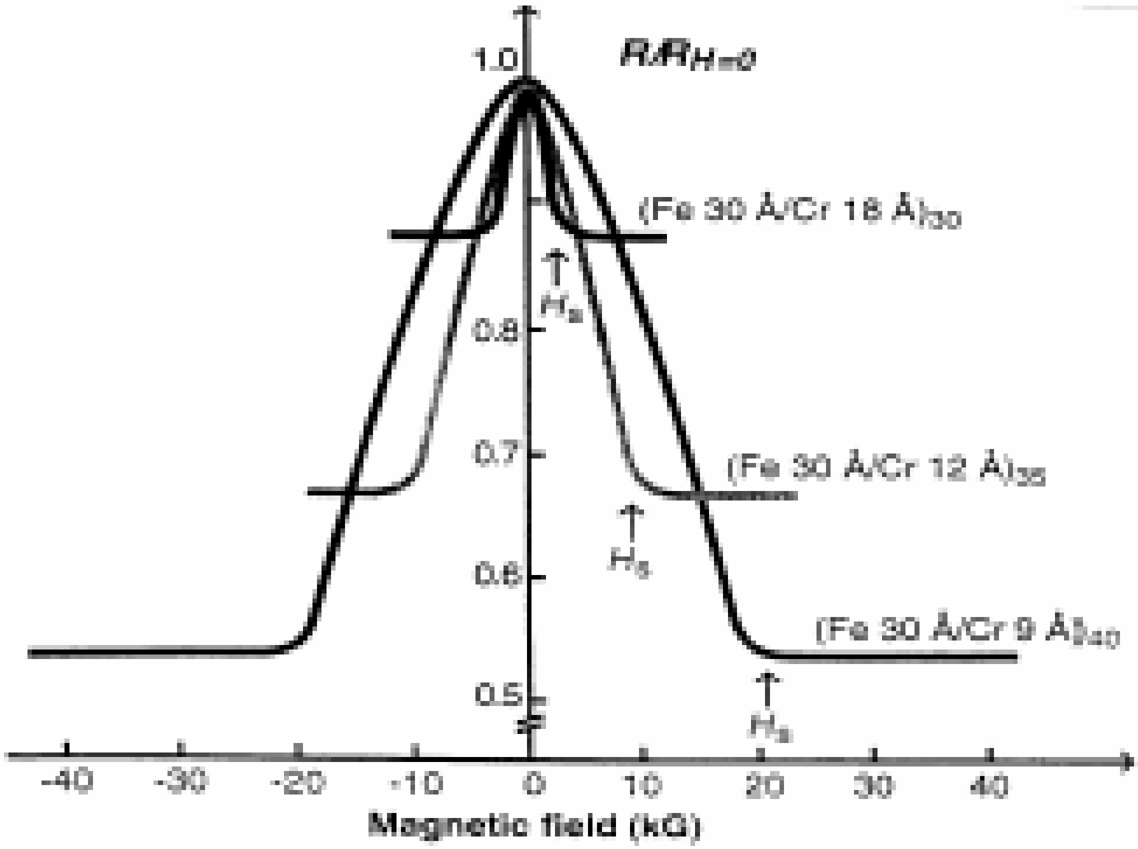
Giant MagnetoResistance مقاومت مغناطیسی بزرگ

در سال ۱۹۹۸ اثر GMR در چند لایه ای (Fe/Cr) کشف شد. (حدود ۵۰ درصد)

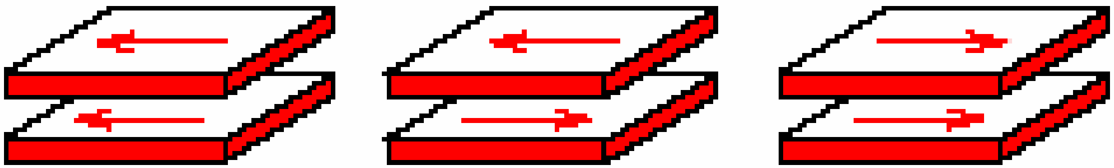
M. N. Baibich et al. Phys. Rev. Lett. 61, 2472 (1988)



$$GMR = \frac{R_{AP} - R_P}{R_{AP}} \times 100$$

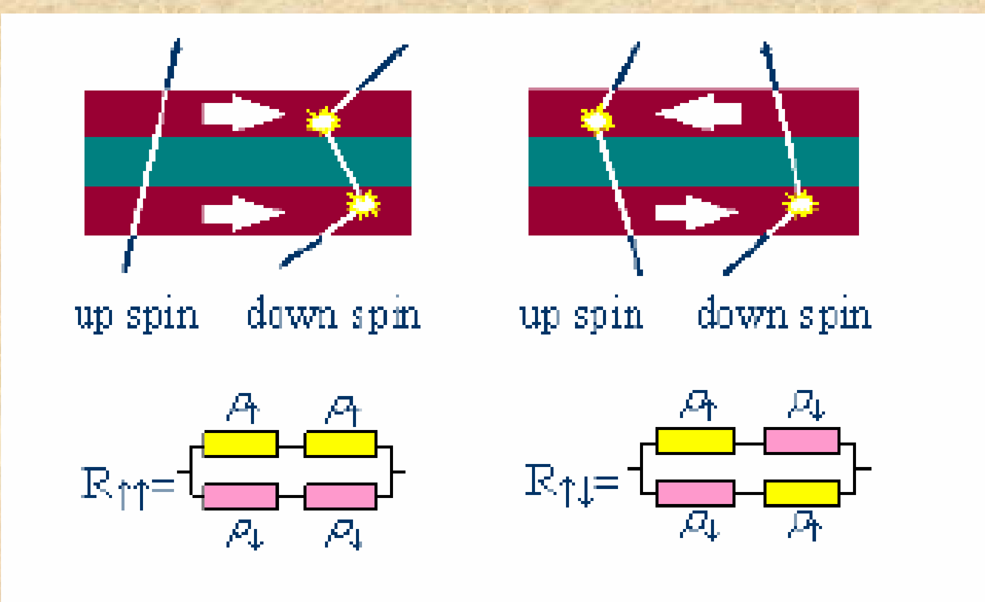


$R/R_{H=0}$
1.0
0.8
0.7
0.6
0.5
(Fe 30 Å/Cr 18 Å)$_{30}$
(Fe 30 Å/Cr 12 Å)$_{35}$
(Fe 30 Å/Cr 9 Å)$_{40}$
H_s
H_s
H_s
-40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40
Magnetic field (kG)



منشأ GMR

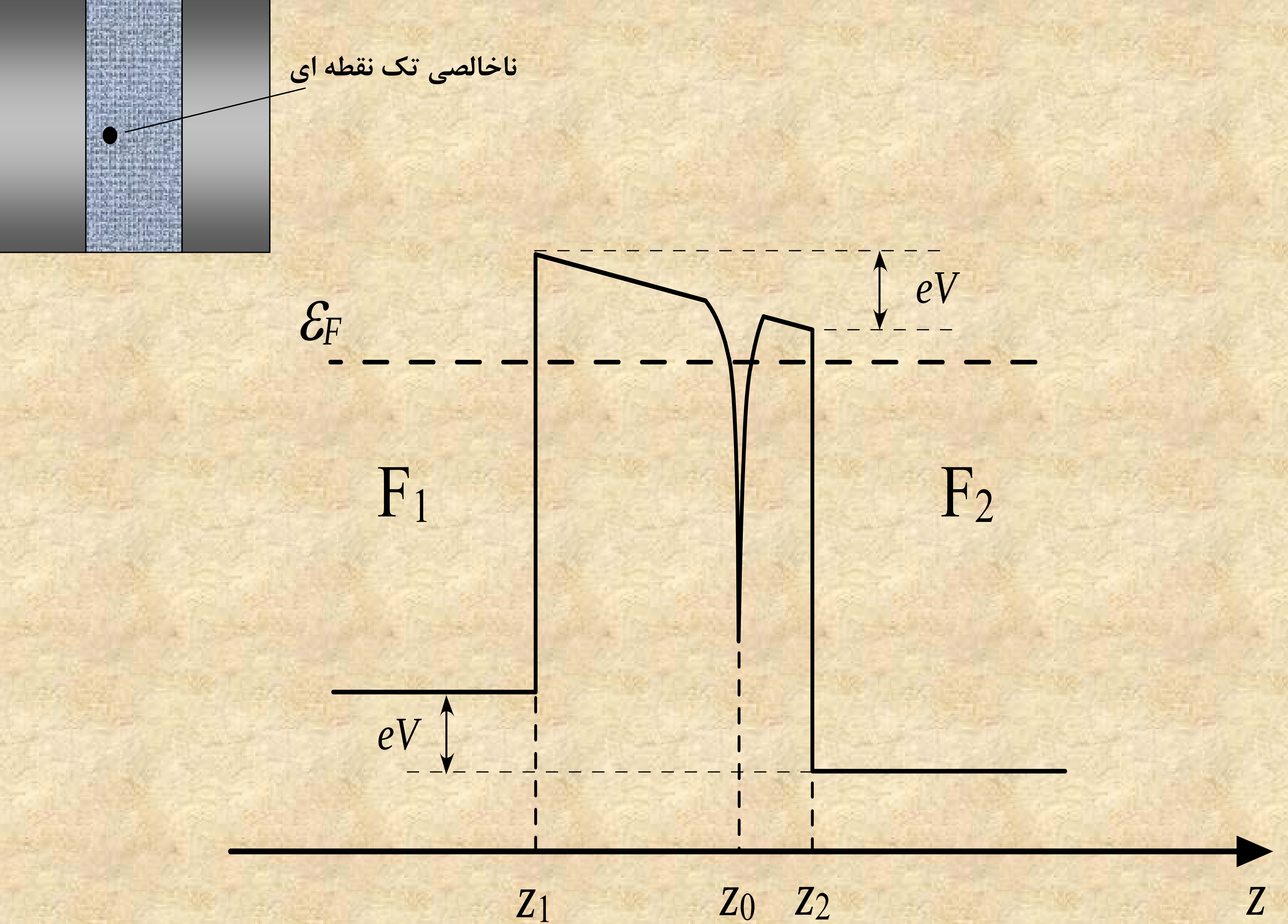
مدل Mott: رسانش فلزات با دو کانال اسپین بالا و پایین به طور کاملا مستقل صورت می گیرد

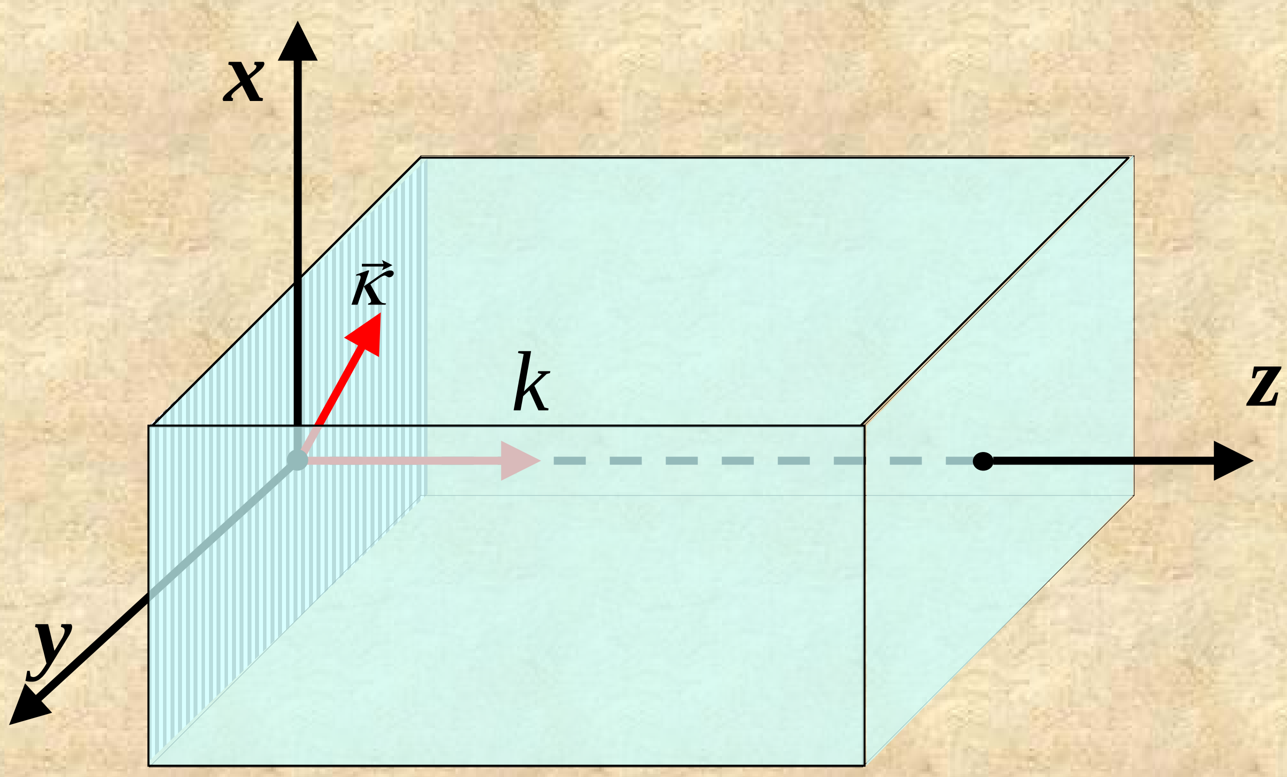


Tunneling MagnetoResistance

$$TMR = \frac{R(\mathrm{H} \neq 0) - R(\mathrm{H} = 0)}{R(\mathrm{H} = 0)}$$

$\boxed{d \sim 10}^{-9}\ m$


ناخالصی تک نقطه ای
eV
$\mathcal{E}_F$
F_1
F_2
eV
z_1
z_0
z_2
z



$$\vec{\mathrm{k}} = \left(k, \vec{\kappa}\right)$$

چگالی جریان

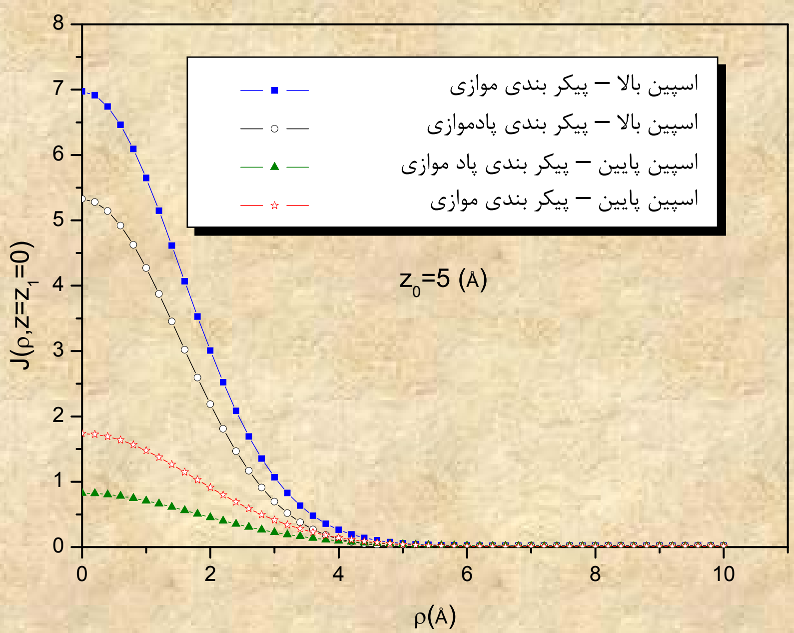
$$J(\mathbf{r}) = \frac{e}{h}\int d\varepsilon \left(\frac{\partial}{\partial z'} - \frac{\partial}{\partial z}\right) G^{-+}(\mathbf{r},\mathbf{r}')\Big|_{\mathbf{r}=\mathbf{r}'}$$

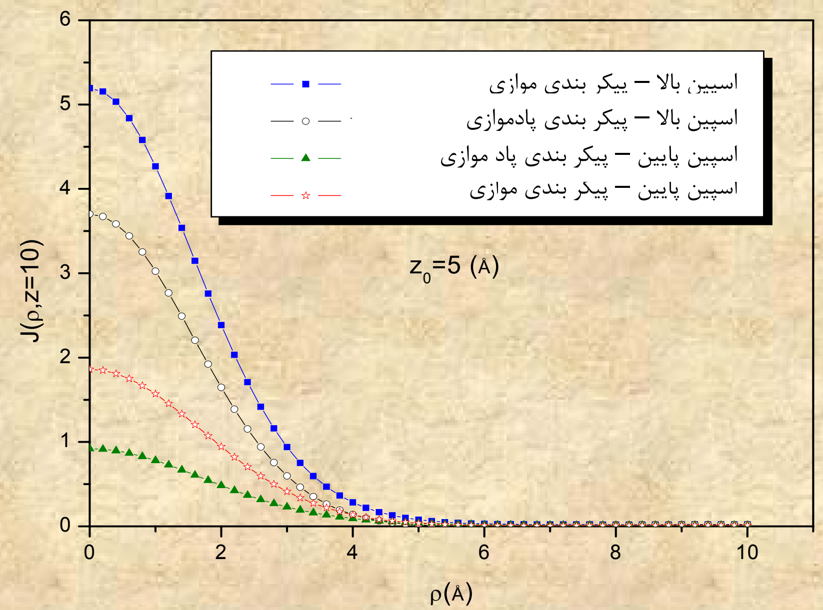
G^{-+} - تابع گرین-کلدیش که از معادله ی دایسون به دست می آید

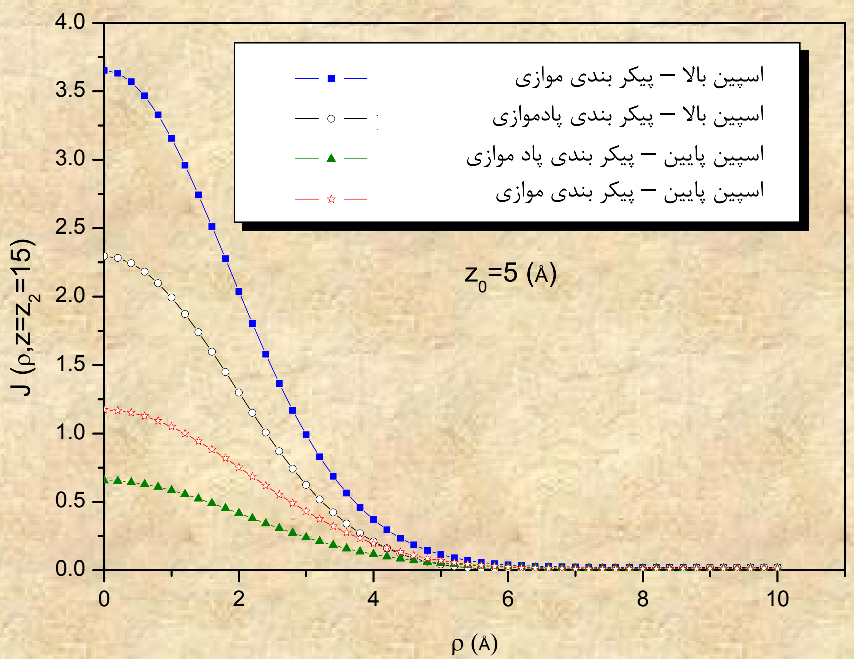
$$G^{-+}(\mathbf{r},\mathbf{r}') = G_0^{-+}(\mathbf{r},\mathbf{r}') + \frac{G_0^R(\mathbf{r},\mathbf{r}_0) W G_0^{-+}(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}')}{1 - W G_0^R(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}_0)} + \frac{G_0^{-+}(\mathbf{r},\mathbf{r}_0) W G_0^A(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}')}{1 - W G_0^A(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}_0)}$$
$$+ \frac{G_0^R(\mathbf{r},\mathbf{r}_0) W G_0^{-+}(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}_0) W G_0^A(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}')}{\left[1 - W G_0^R(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}_0)\right]\left[1 - W G_0^A(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}_0)\right]}$$

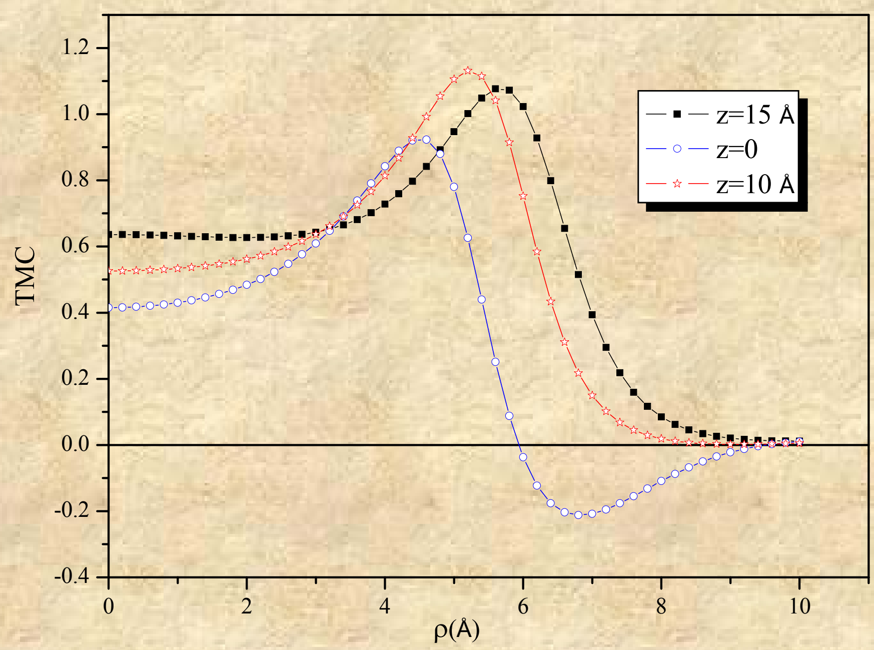
W - پتانسیل پراکندگی

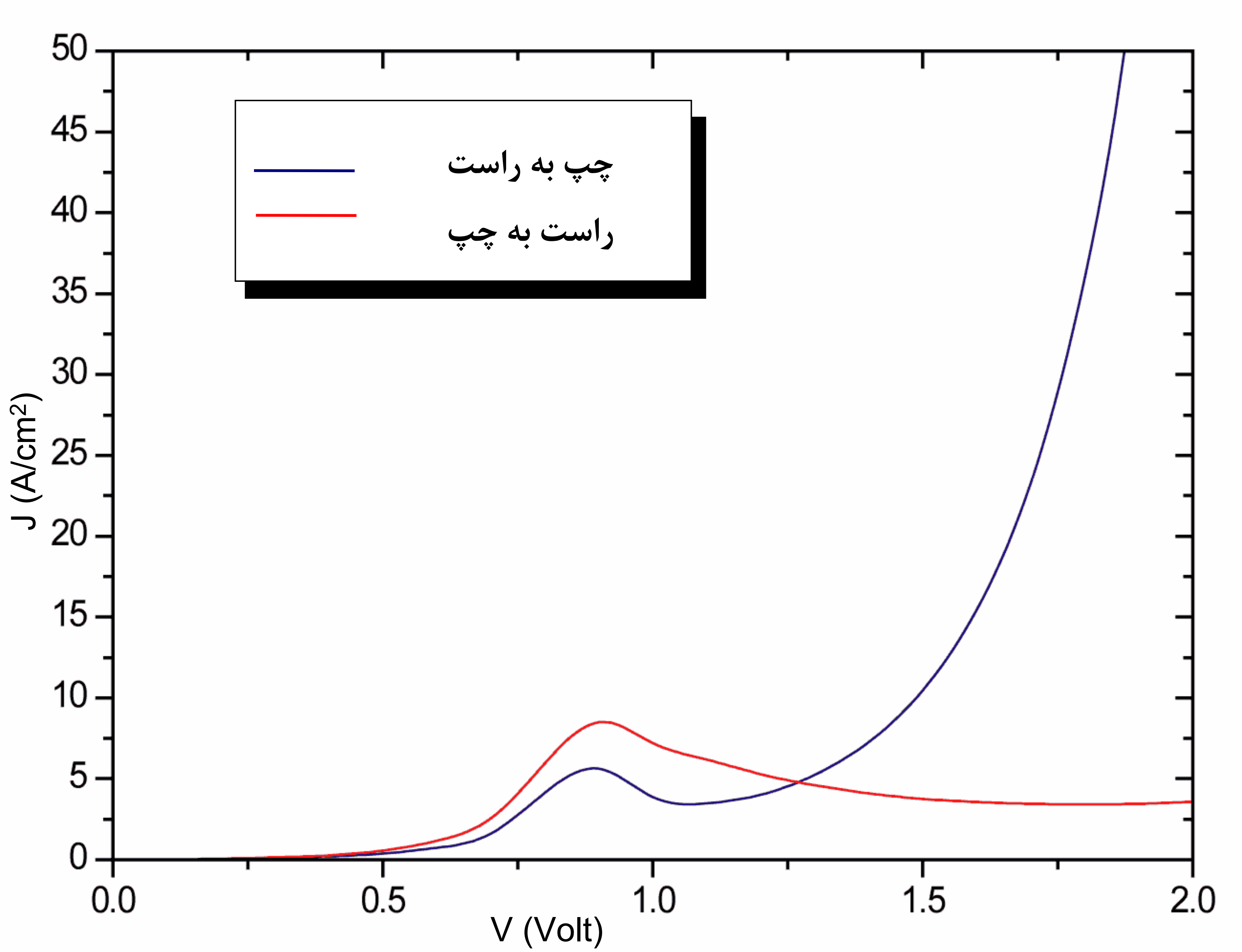
$G^{A,R}$ - تابع گرین تقدمی و تأخیری


اسپین بالا – پیکر بندی موازی
اسپین بالا – پیکر بندی پادموازی
اسپین پایین – پیکر بندی پاد موازی
اسپین پایین – پیکر بندی موازی
z_0=5 (Å)
J(ρ,z=z_1=0)
ρ(Å)

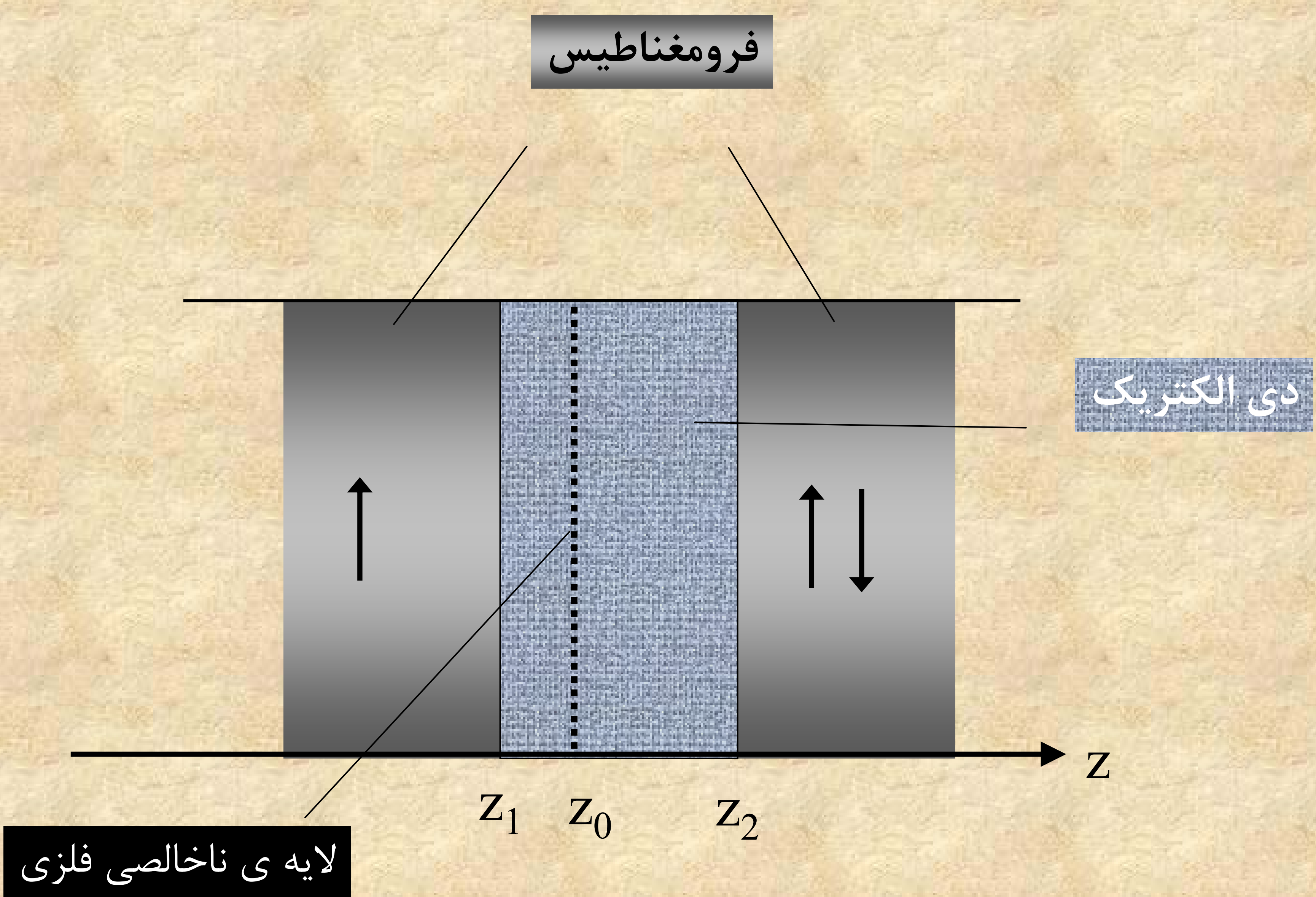

اسپین بالا – پیکر بندی موازی
اسپین بالا – پیکر بندی پادموازی
اسپین پایین – پیکر بندی پاد موازی
اسپین پایین – پیکر بندی موازی
z_0=5 (Å)
J(ρ,z=10)
ρ(Å)


اسپین بالا – پیکر بندی موازی
اسپین بالا – پیکر بندی پادموازی
اسپین پایین – پیکر بندی پاد موازی
اسپین پایین – پیکر بندی موازی
z_0=5 (Å)
J (ρ,z=z_2=15)
ρ (Å)


z=15 Å
z=0
z=10 Å
TMC
ρ(Å)



چپ به راست
راست به چپ
J (A/cm^2)
V (Volt)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0



فرومغناطیس
دی الکتریک
z
z_1
z_0
z_2
لایه ی ناخالصی فلزی

$$\hat{G} = \hat{G}_0 + \hat{G}_0\,\hat{\Sigma}\,\hat{G}$$

$$\hat{G} = \begin{pmatrix} G^{--} & G^{-+} \\ G^{+-} & G^{++} \end{pmatrix}$$

$$\hat{\Sigma} = \begin{pmatrix} \Sigma^{--} & \Sigma^{-+} \\ \Sigma^{+-} & \Sigma^{++} \end{pmatrix}$$

$$\Sigma^{--} + \Sigma^{++} = -\left(\Sigma^{-+} + \Sigma^{+-}\right)$$

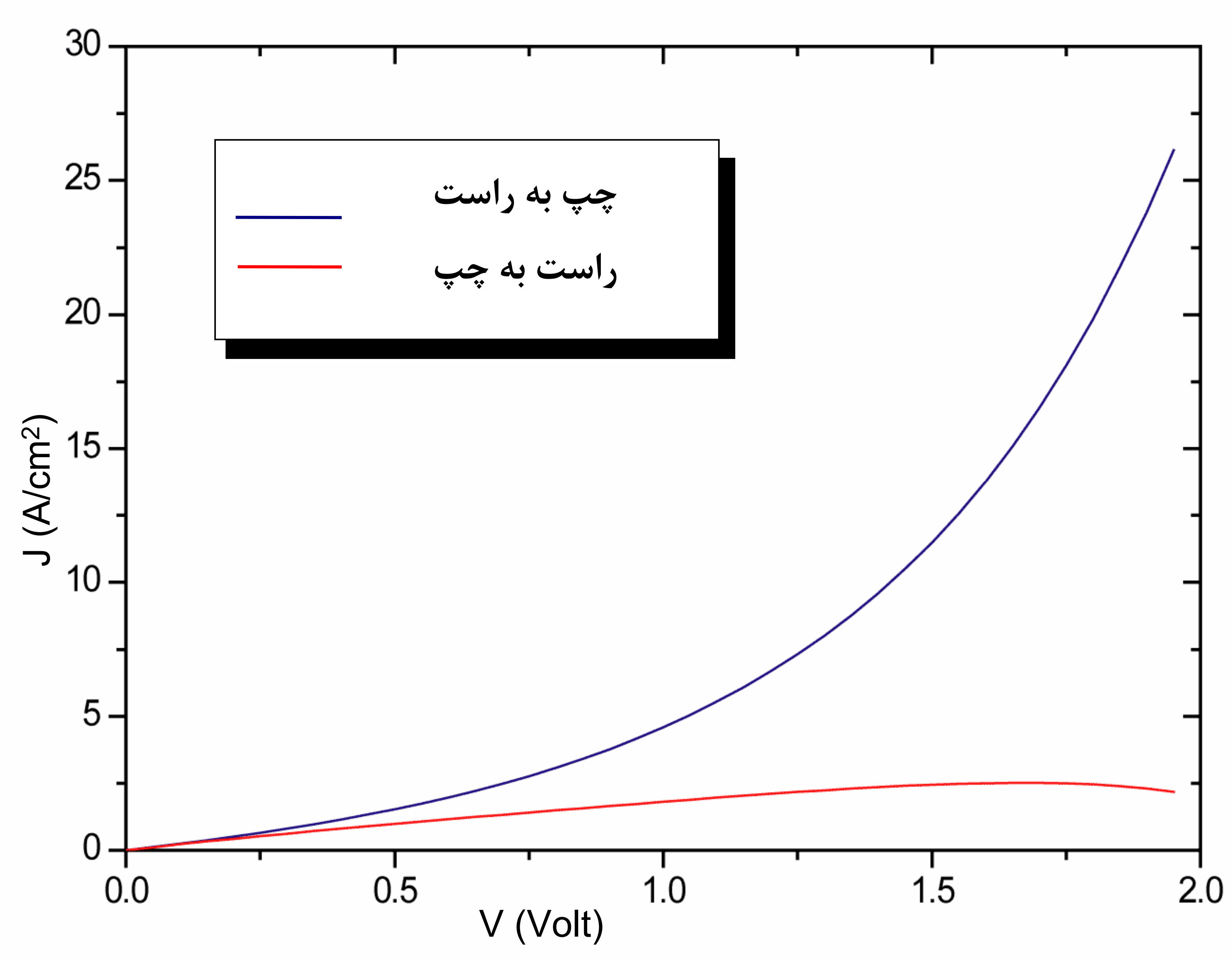
$$\Sigma^{R} = \Sigma^{--} + \Sigma^{-+}, \qquad \Sigma^{A} = \Sigma^{--} + \Sigma^{+-}$$

$$G^{-+}(\mathbf{r},\mathbf{r}') = G_0^{-+}(\mathbf{r},\mathbf{r}') + \frac{G_0^R(\mathbf{r},\mathbf{r}_0)\Sigma^R G_0^{-+}(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}')}{1 - G_0^R(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}_0)\Sigma^R}$$

$$+ \frac{G_0^{-+}(\mathbf{r},\mathbf{r}_0)\Sigma^A G_0^A(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}')}{1 - G_0^A(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}_0)\Sigma^A}$$

$$+ \frac{G_0^R(\mathbf{r},\mathbf{r}_0)\Sigma^R G_0^{-+}(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}_0)\Sigma^A G_0^A(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}')}{[1 - \Sigma^R G_0^R(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}_0)][1 - \Sigma^A G_0^A(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}_0)]}$$

$$- \frac{G_0^R(\mathbf{r},\mathbf{r}_0)\Sigma^{-+} G_0^A(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}')}{[1 - \Sigma^R G_0^R(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}_0)][1 - \Sigma^A G_0^A(\mathbf{r}_0,\mathbf{r}_0)]}$$



چپ به راست
راست به چپ
J (A/cm2)
V (Volt)
0
5
10
15
20
25
30
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0