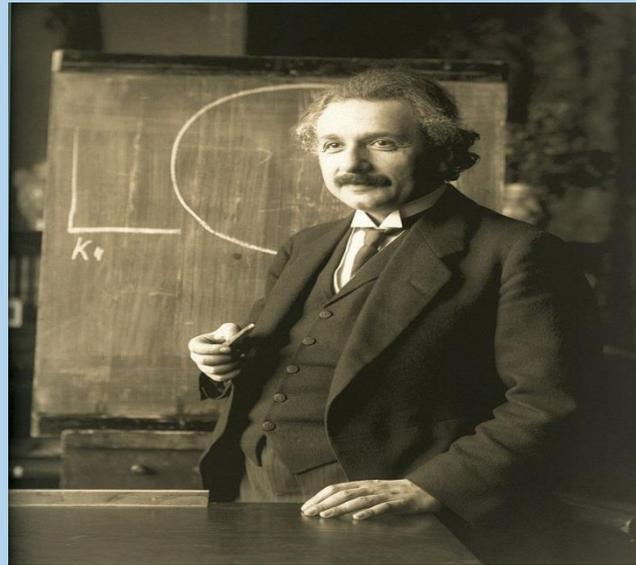




Fizika matematika fani o'qituvchisi

Muxtorov Akbarjon Asqarjon o'g'li





Маъруза режаси



TIAME

- **Металлар ўтказувчанлигининг классик электрон назарияси.**
- **Металлар ўтказувчанлигининг классик электрон назариясининг камчиликлари.**
- **Чиқиш иши.**
- **«Металл-металл», «металл-ярим ўтказгич», «ярим ўтказгич-ярим ўтказгич» чегараларидаги контакт ходисалар.**



П.Друде ва Х.Лоренцларнинг металллар ўтказувчанлигининг электрон назарияси



TIAME

Металлдаги электронлар классик идеал газнинг барча хусусиятларига эга бўлади ва улар бир - бири билан таъсирлашмайдиган, қаттиқ заррачалар ҳисоблананди.

Электронларнинг ўзаро таъсири сифатида уларнинг кристалл панжара ионлари билан ўзаро таъсири ҳисобга олинади.

Классик назариянинг асосий ҳолатлари



- **Металлнинг ҳар бир атоми «электрон газга» камида битта электрон етказиб бериши керак.**
- **Ҳар бир электрон учта классик эркинлик даражасига тегишли бўлган кинетик энергияга эга бўлади.**

$$E = \frac{3}{2}kT$$

- **Электронларнинг энергия бўйича тақсимланиши Максвел-Больцман тақсимотига бўйсунди**

$$n = n_0 \exp\left(-\frac{W}{kT}\right)$$

Друде — Лоренц назариясига асосан, электронлар бир атомли газ молекуласига ўхшаш иссиқлик ҳаракати энергиясига эга бўладилар.

$$\langle u \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_e}}$$

- электронлар иссиқлик ҳаракатининг ўртача тезлиги

$T = 300 \text{ K}$ да ўртача тезлик $1,1 \cdot 10^5 \text{ м/с}$ га тенг бўлади.

Берилган кучланишдаги барча электронларнинг ўртача тезлиги дрейф тезлик деб аталади.

$$v_{\text{др}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i$$

Электронлар тартибли ҳаракатининг ўртача тезлигини ток зичлиги ифодаси орқали баҳолаш мумкин.

$$j = ne \langle v \rangle$$



Мис сим учун имкон бўлган ток зичлиги қийматини 10^7 A/m^2 деб ҳисобласак, ток ташувчилар концентрацияси $n = 8 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$ га тенг бўлганда электронларнинг тартибли ҳаракати тезлиги қуйидагига тенг бўлади:

$$7,8 \cdot 10^{-4} \text{ м/с.}$$

Ўтказгичда электр токининг тарқалиш тезлиги ўтказгич муҳитидаги электромагнит майдоннинг тарқалиш тезлигига тенгдир ва у электроннинг дрейф тезлигига боғлиқ бўлмайди:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$



TIAME



Классик назарияда электр токи.



TIAME

1. Дифференциал кўринишдаги Ом қонунига асосан, ток зичлиги майдон кучланишига пропорционалдир:

$$j = ne \langle v \rangle = \frac{ne^2 \langle l \rangle}{2m \langle u \rangle} E = \gamma E$$

$$\gamma = \frac{ne^2 \langle l \rangle}{2m \langle u \rangle}$$

– бу модданинг солиштирама ўтказувчанлиги ёки электр ўтказувчанлигидир.

- модданинг солиштирама қаршилиги – электроннинг эркин югуриш йўлини чегараловчи электронларнинг кристалл панжара ионлари билан тўқнашиши ҳисобига пайдо бўлади:

$$\rho = \frac{1}{\gamma} = \frac{2m \langle u \rangle}{ne^2 \langle l \rangle}$$



2. Дифференциал кўринишдаги *Джоул - Ленц* қонуни:
Токнинг солиштирма иссиқлик қуввати қуйидагига тенг бўлади:

$$\omega = \frac{ne^2 \langle l \rangle}{2m \langle u \rangle} E^2 = \gamma E^2$$

3. *Видеман-Франц* қонуни:

Барча материаллар учун (λ) иссиқлик ўтказувчанлигини (γ) солиштирма ўтказувчанликка нисбати берилган температурада бирхилдир ва термодинамик температурага пропорционал равишда ортади

$$\frac{\lambda}{\gamma} = \beta T$$

бу ерда β — материалга боғлиқ бўлмаган Лоренц доимийсидир.



TIAME



Классик электрон назариянинг камчиликлари



TIAME

1. Қаршиликнинг температурага боғлиқлиги.

Солиштирама қаршилик ифодасидан, металллар

$$\rho = \frac{1}{\gamma} = \frac{2m\langle u \rangle}{ne^2\langle l \rangle}$$

қаршилиги, электронлар тезлиги \sqrt{T} га тўғри
пропорционал бўлгани учун, \sqrt{T} га
пропорционал равишда ўсиб бориши керак.

Электрон назариянинг бу хулосаси, қаршиликни
температурага тўғри пропорционал бўлган $R \sim T$
тажриба натижаларига зид келади.



2. Металларда электронларнинг ўртача эркин югуриш йўлини баҳолаш.

$$\gamma = \frac{ne^2 \langle l \rangle}{2m \langle u \rangle}$$

бу ифодадан

тажриба қийматларига мос келадиган γ ни келтириб чиқариш учун, электроннинг эркин югуриш йўлининг ҳақиқий қийматини каттароқ олишга тўғри келади, яъни бошқача қилиб айтганда, электрон кристалл панжарада бир неча юз кристалл тугунлари билан тўқнашмаслик шарти келиб чиқади.



TIAME



Электр ўтказувчанликнинг классик ва квантомеханик назариялари фарқи



TIAME

Классик нуқтаи назардан барча электронлар ташқи электр майдон орқали ғалаёнланади деб ҳисобланади.

Квантовомеханик талқинда ҳам электронлар ташқи электр майдон орқали ғалаёнланиши ҳисобга олинган ҳолда, уларнинг тўплам сифатидаги ҳаракати Ферми сатҳи яқинидаги энергетик ҳолатлардаги электронлар майдонлари орқали ғалаёнланганлиги ҳисобга олинади.

Унинг устига одатдаги электрон массаси ўрнига эффектив масса олинади.



Чиқиш иши



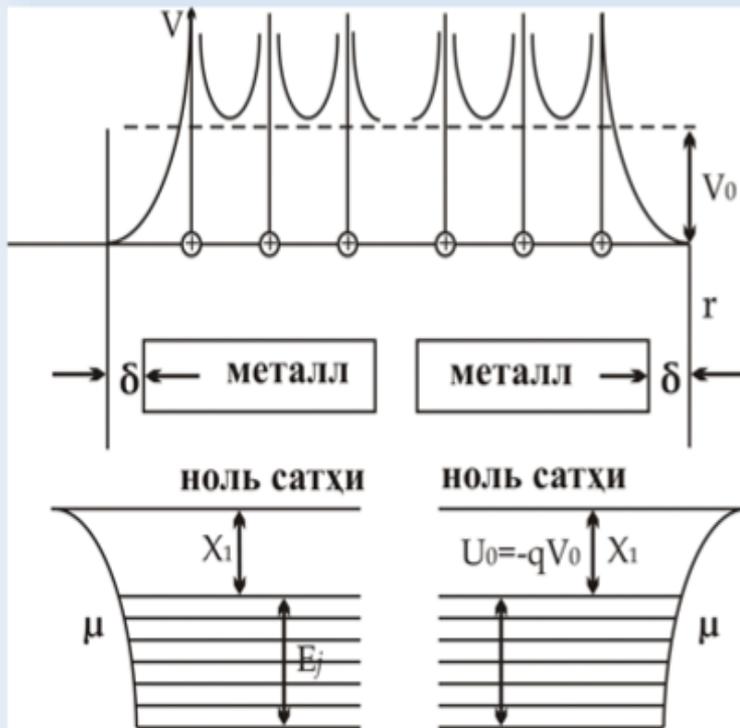
TIAME

Металлнинг даврий потенциал майдонига киритилган эркин электрон манфий потенциал энергияга эга бўлади:

$$U_0 = -qV_0$$

Металлнинг даврий потенциали электронлар учун потенциал чуқурлик вазифасини ўтайди ва бу чуқурликдан электронларни вакуумга ўтиши учун қандайдир чиқиш ишини бажариш керак бўлади.

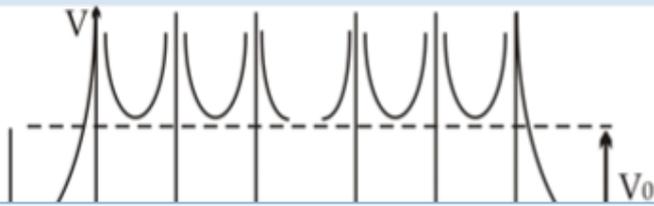
Металлдан электронларни вакуумга чиқариш учун энг кам бажариладиган иш Ферми сатҳидан 00 сатҳгача бўлган χ – га тенгдир. Буни *термодинамик чиқиш иши* деб аталади.



Вакуумдан металлга электронни ўтшидаги потенциал энергиянинг ўзгариши қуйидагига тенг бўлади:

Вакуумда $U=0$, металлда эса

$$U = U_0 = -eV_0.$$



Металлнинг кристалл панжарасини ташкил этувчи мусбат ионлар кристалл ичида панжара тугунларидан ўтувчи, даврий ўзгарадиган, мусбат потенциалга эга бўлган электр майдонини хосил қилади.



Вакуумдан металлга электронни ўтшидаги потенциал энергиянинг ўзгариши қуйидагига тенг бўлади:

Вакуумда $U=0$, металлда эса

$$U = U_0 = -eV_0.$$

Металл-металл контакти

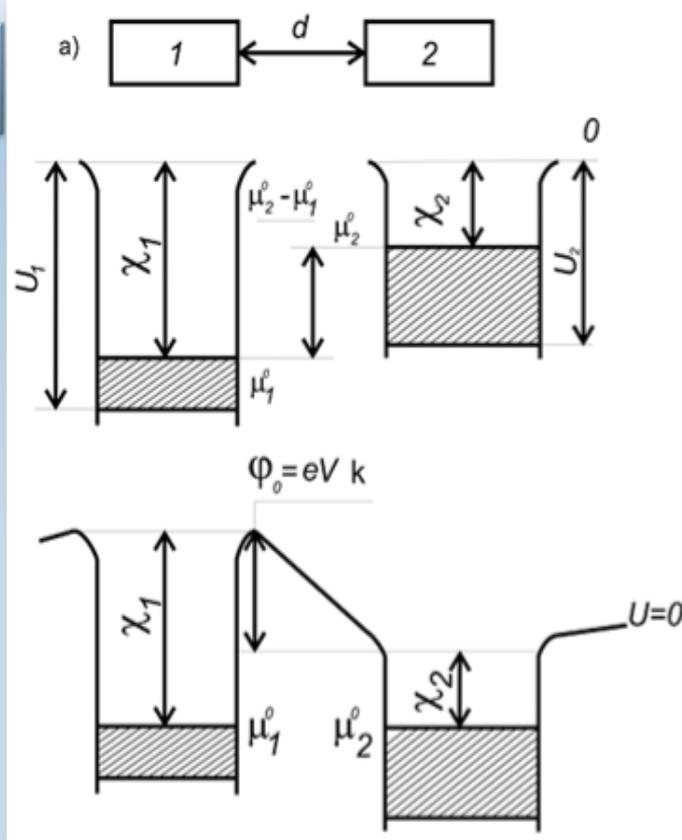
Бу металлларда электрон гази қуйидаги химиявий потенциаллар характерланади

$$\mu_1 \text{ и } \mu_2 .$$

Электронларнинг термодинамик чиқиш ишлари эса

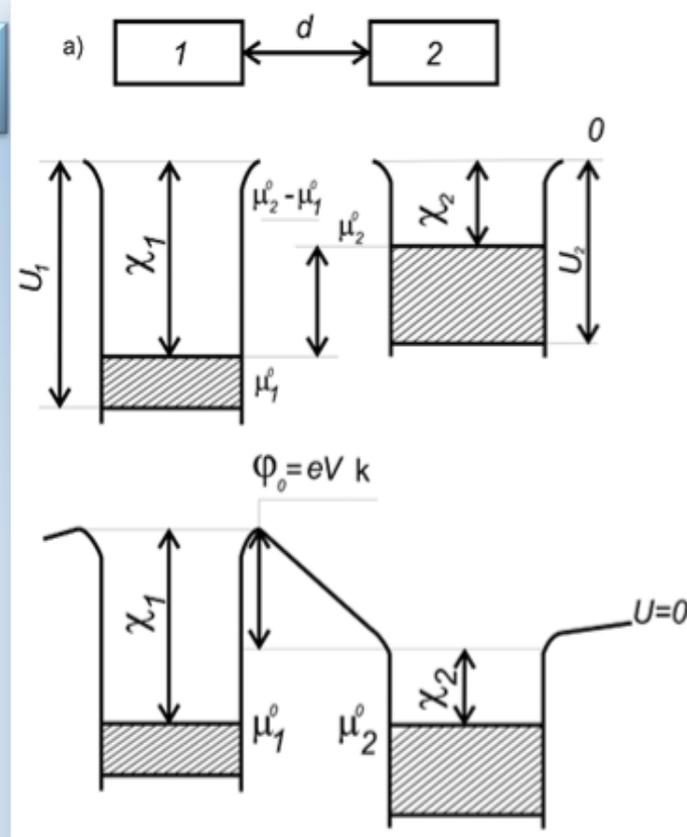
χ_1 ва χ_2 га тенгдир.

Металлар d масофагача яқинлаштирилганда термоэлектрон эмиссия ходисасига асосан электронларнинг самарали ўзаро алмашиши кузатилади.



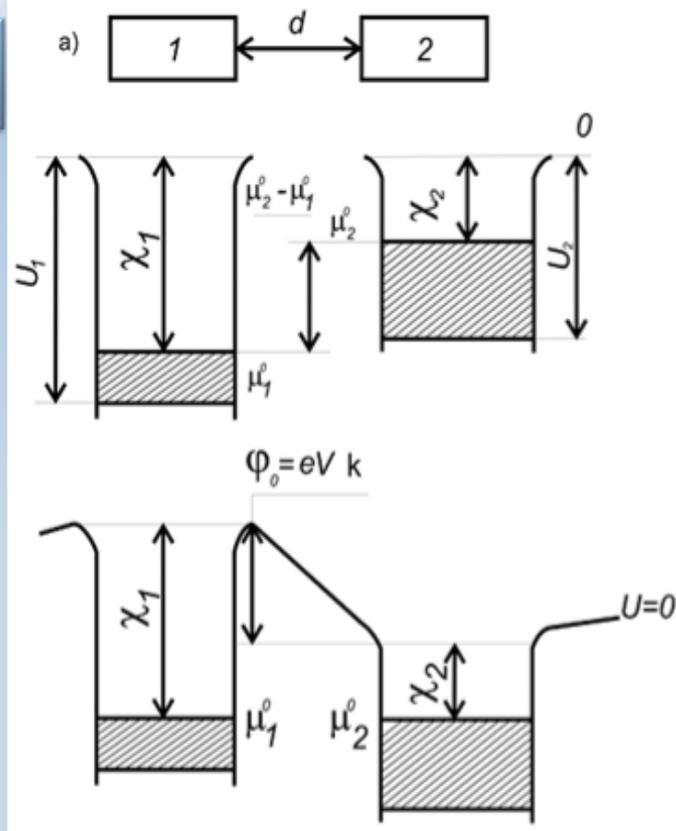
Металл-металл контакти

Контакт ўрнатилиши билан, μ_2 химиявий потенциали катта бўлган иккинчи металлдан биринчи металлга электронларнинг ўтиши устунлик қилади.



Металл-металл контакти

Электронларнинг ўтиши сабабли биринчи металлнинг μ_1 химиявий потенциали орта боради, электронларнинг кетиши оқибатида иккинчи металлнинг μ_2 химиявий потенциали пасаяборади. Бу иккала химиявий потенциаллар бир хил баландликларда бўлганида электронларнинг бир металлдан иккинчисига оқиши тўхтайди ва доимий потенциаллар фарқига эга бўлган динамик мувозанат ўрнатилади.



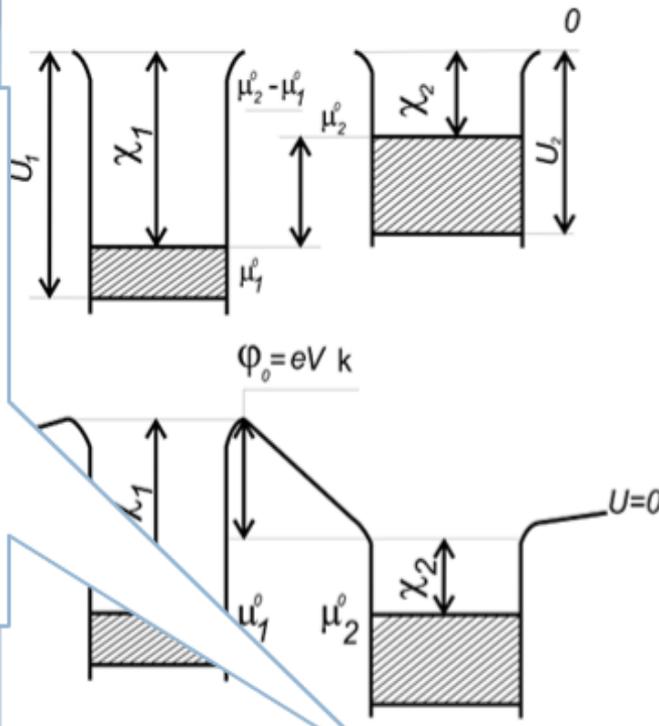
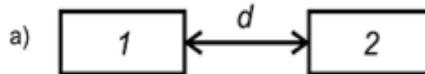
Металл-металл контакти

Электронларнинг ўтиши

Бу потенциаллар фарқи
ташқи контакт
потенциаллар фарқи
деб аталади.

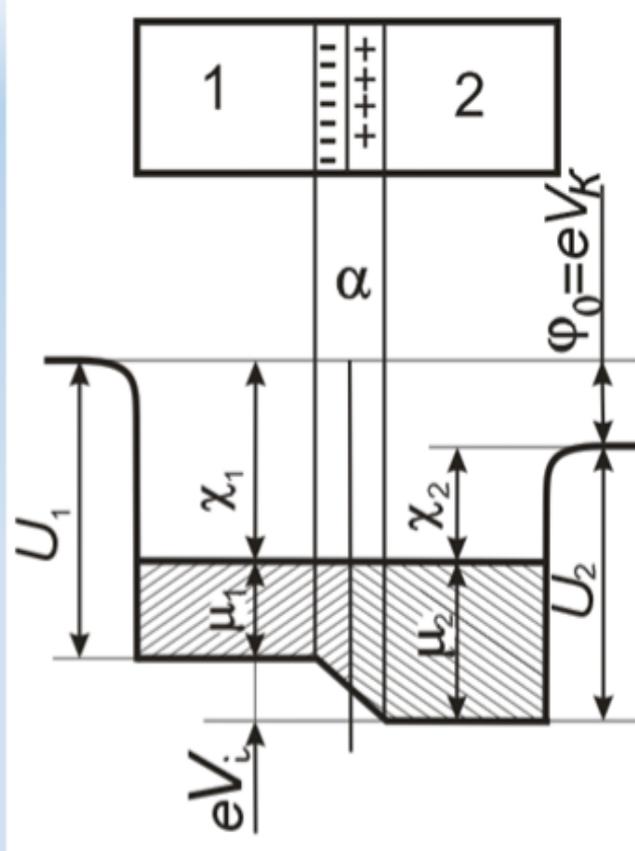
χ_1, χ_2 1- ва 2- металлнинг
термодинамик чиқиш
ишларидир.

электронларнинг бир
металлдан иккинчисига
оқиши тўхтади ва доимий
потенциаллар фарқига эга
бўлган динамик мувозанат
ўрнатилади.

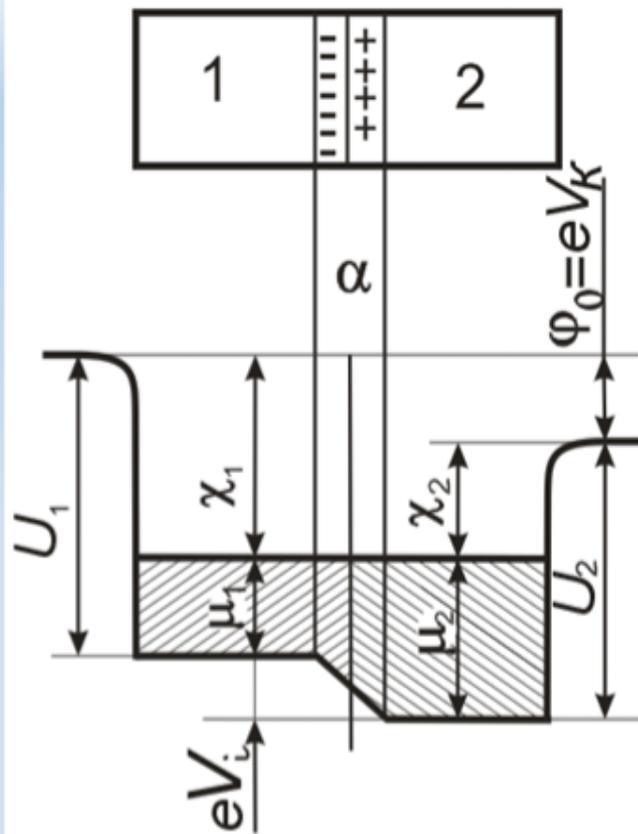


$$V_K = \frac{(\chi_1 - \chi_2)}{e}$$

Ташқи контакт потенциаллар фарқи контактда бўлган металллар чиқиш ишларининг фарқи ҳисобига пайдо бўлади: электронлар чиқиш иши кам бўлган металлдан чиқиш иши катта бўлган металлга ўтадилар.



Химиявий потенциаллар сатҳи тенглашгандан сўнг, Ферми сатҳидаги электронлар кинетик энергиялари ҳар хил бўлади: 1 -металлда E_{F1} га тенг бўлади, 2 – металлда эса E_{F2} га тенг бўлади: ($E_{F2} > E_{F1}$). Контакт ўрнатилгандан сўнг, *ички контакт потенциаллар фарқи* ҳисобига иккинчи металлдан биринчи металлга электронларнинг диффузияси кузатилади.



$$V_i = \frac{(E_{F2} - E_{F1})}{e}$$



Электр майдони контакт потенциаллар фарқи мавжуд бўлган металлнинг юпқа сирт қатламларидагина бўлади.

1 - қонун

Химиявий хусусиятлари ҳар хил бўлган ўтказгичлар туташтирилганда, улар орасида, фақат ўтказгичларнинг химиявий хусусиятлари ва температурага боғлиқ бўлган контакт потенциаллар фарқи ҳосил бўлади.

2 - қонун

Кетма – кет уланган металл ўтказгичларнинг учлари орасидги контакт потенциаллар фарқи, берилган температурада, оралиқ ўтказгичларнинг химиявий тузилишига боғлиқ бўлмай, четки ўтказгичларнинг тўғридан – тўғри туташида ҳосил бўладиган контакт потенциаллар фарқига тенгдир.

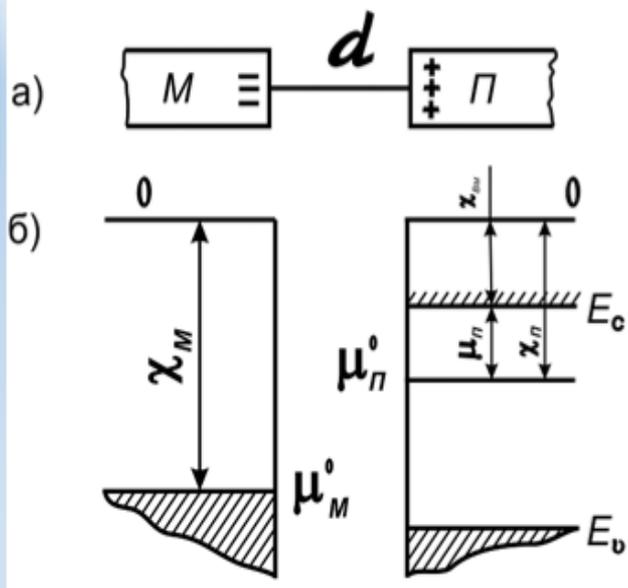


TIAME

Ярим ўтказгич билан металлнинг контакти

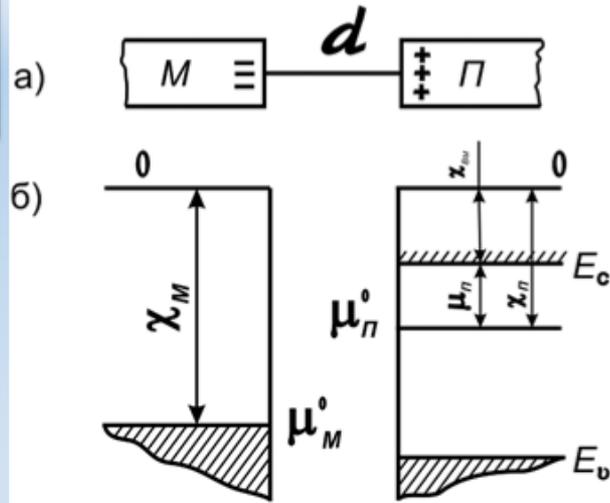
Фараз қилайлик, металлнинг термодинамик чиқиш иши ярим ўтказгичнинг чиқиш ишидан катта бўлсин.

Контакт чегарасида электронларнинг ўзаро алмашиши натижасида металл ва ярим ўтказгич орасида мувозанат ўрнатилади.



Ярим ўтказгич билан металлнинг контакти

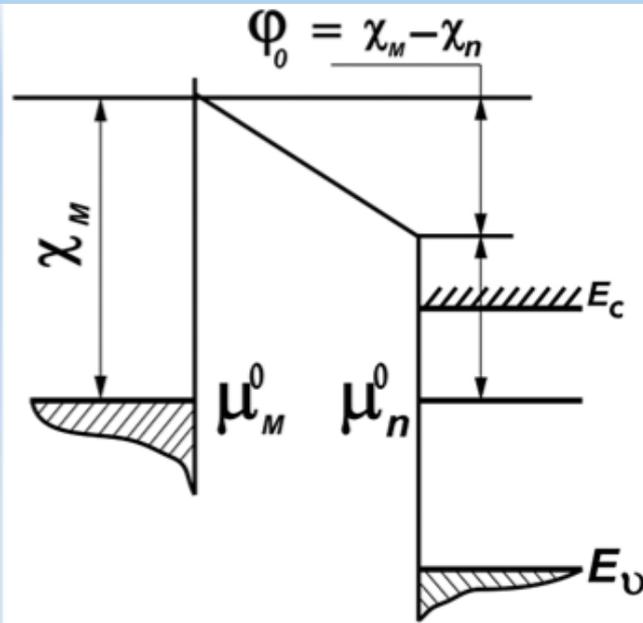
Ярим ўтказгичдаги Ферми сатҳи металлдагига нисбатан юқори бўлгани сабабли, ўзаро туташиб содир бўлиши билан, ярим ўтказгичдан металлга ўтувчи электронлар оқими устун бўлади. Натижада, металл манфий зарядланиб, унинг Ферми сатҳи кўтарилади, ярим ўтказгич мусбат зарядланиб унинг Ферми сатҳи пасаяди.



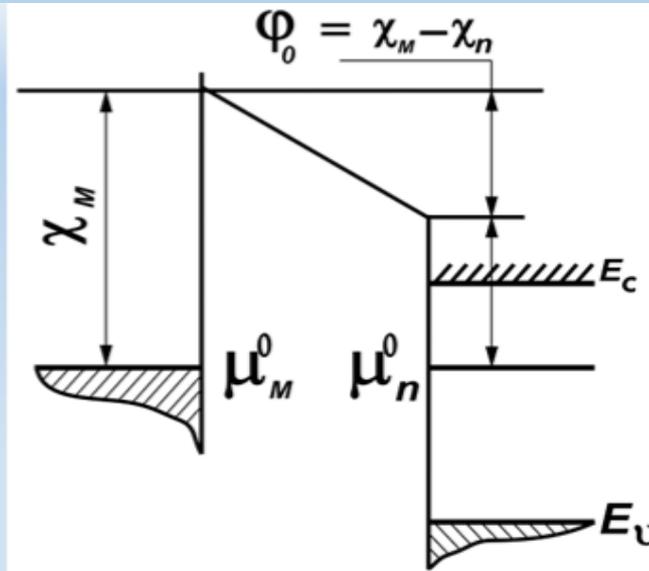
Металл ва ярим ўтказгичнинг
Ферми сатҳлари бир хил
баландликларга
эришганларида мувозанат
ўрнатилади ва
металлдан ярим ўтказгичга
ўтаётган электронлар учун

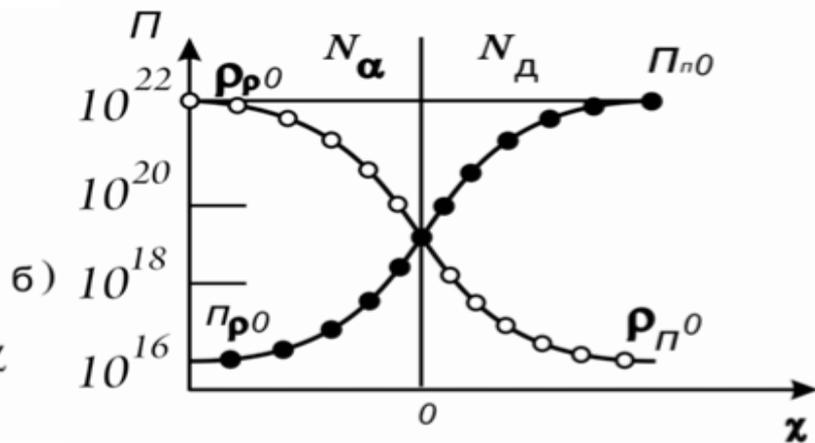
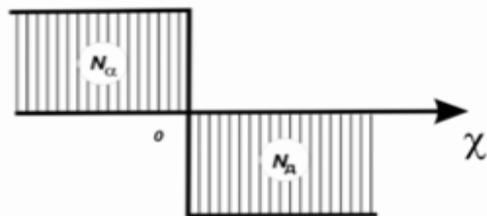
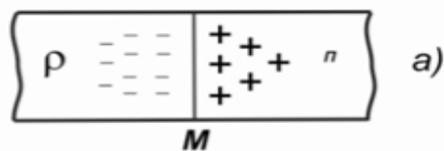
$$\varphi_0 = eV_K = \chi_M - \chi_n$$

потенциал тўсиқ пайдо бўлади.



Сезиларли dn қалинликдаги ярим ўтказгич қатламида электронлар камбағаллашади. Бу қатламда ионлашган донорларнинг қўзғалмас мусбат зарядлари хосил бўлади ва у ярим ўтказгич ва металлнинг химиявий потенциалларини тенглаштиради. Ана шу қатлам **тўсиқли қатлам** деб аталади ва унда контакт потенциаллар фарқи ҳисобига хосил бўлган контакт электр майдони жойлашади..





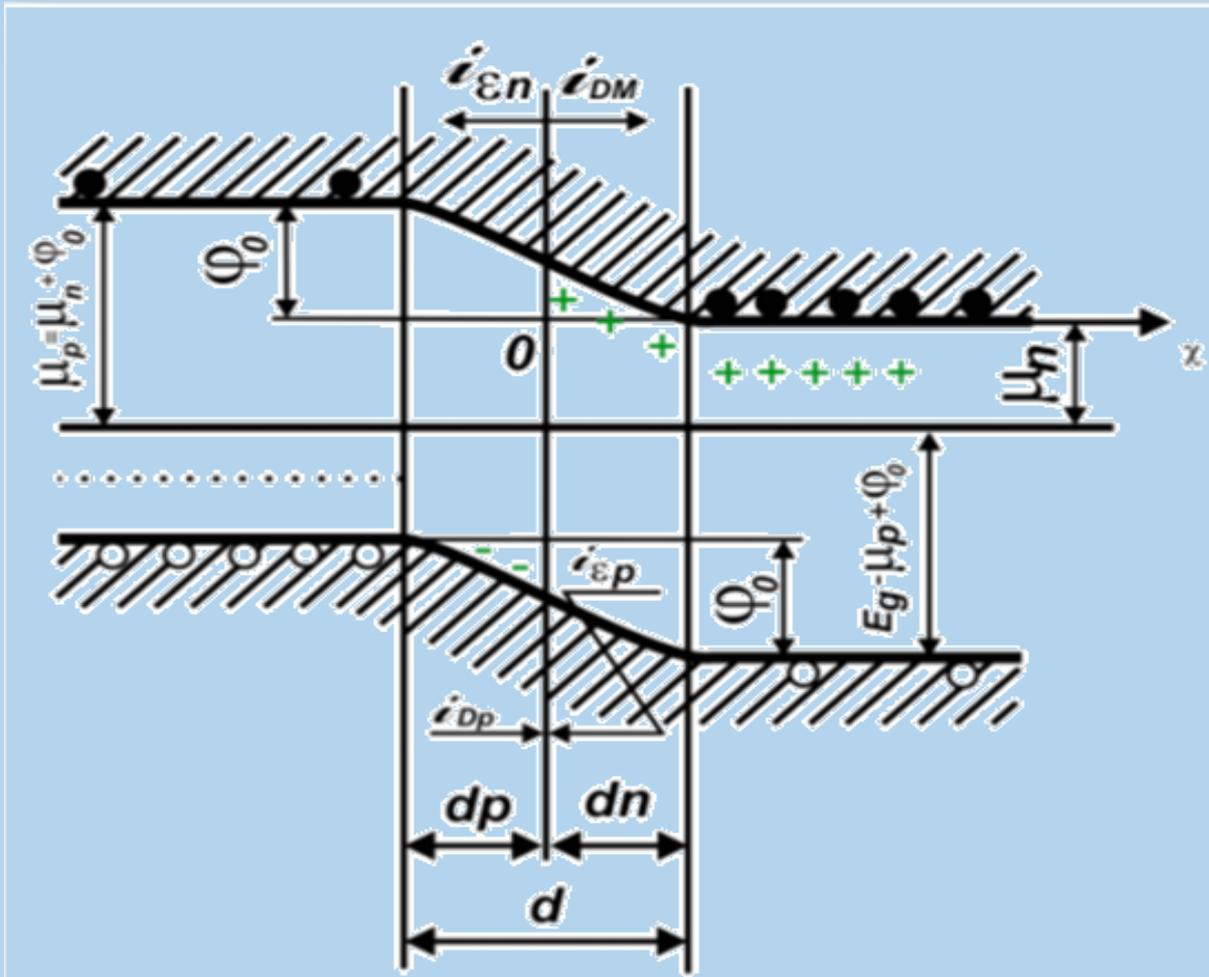
Асосий ток ташувчилар концентрацияси:

$$N_{n0} = P_{p0} = 10^{22} \text{ м}^{-3}$$

Асосий бўлмаган ток ташувчилар
концентрацияси:

$$N_{p0} = P_{n0} = 10^{16} \text{ м}^{-3}$$

n - ва *p* - типли ярим ўтказгичлардаги бир хил турдаги ток ташувчилар концентрациялари фарқи ҳисобига тешикларнинг *p* - соҳадан *n* - соҳага, электронларни эса *n* - соҳадан *p* - соҳага диффузияси кузатилади.



n – соҳани мусбат зарядланиши барча энергетик сатҳларни пасайишига олиб келади, p – соҳани манфий зарядланиши эса барча энергетик сатҳларни кўтарилишига олиб келади.

Электронларни ўнгдан – чапга ва тешикларни чапдан – ўнгга оқиб ўтиши шу соҳалардаги Ферми сатҳларини бир хил баландликда ўрнатилишигача давом этади.

p - ва n - соҳалардаги Ферми сатҳлари тенглашиши билан φ_0 потенциал тўсиққа мос бўлган мувозанат ўрнатилади.

$$\varphi_0 = \mu_n - \mu_p$$

$$\varphi_0 = kT \ln \frac{N_{n0}}{N_{p0}} = kT \ln \frac{P_{p0}}{P_{n0}}$$



Foydalanilgan adabiyotlar



TIAME

1. Douglas C, Giancoli. "PHYSICS". PRINCIPLES WITH APPLICATIONS. Pearson.2014, 1079 page.
2. Абдурахмонов К.П., Эгамов У. "Физика курси". Дарслик. Тошкент. 2011. 508 б.
3. Musayev R.X. "Statik fizika va termodinamika". Darslik. O'zbekiston. 2008. 252 б.
4. Sultonov V.A. "Fizika kursi". Darslik. Fan va texnologiya. 2007. 297 б.
5. Ахмаджонов О.А. "Физика курси". Дарслик. 1-3қ. Тошкент. Ўқитувчи. 1988-1989. 254 б, 206, 270.
6. Qodirov O va boshqalar. "Fizika kusri". O'quv qo'llanma. Fan va texnologiya. 2005.231 б.
7. Karimov Z., Baxromov X. Umumiy fizika kusridan masalalar to'plami. O'quv qo'llanma. TIMI. 2008. 166 б.
8. Toshxonova J.A va boshqalar. Fizikadan praktikum. O'quv qo'llanma. O'zbekiston faylasuflar milliy jamiyati. 2006. 267б, 269б.
9. B.A.Mirsalixov, M.Yu. Mansurova. Mexanika, molekulyar fizika va elektrodinamika. Amaliy mashg'ulotlarni bajarishga doir uslubiy qo'llanma. TTYMI. 2015. 90 б.