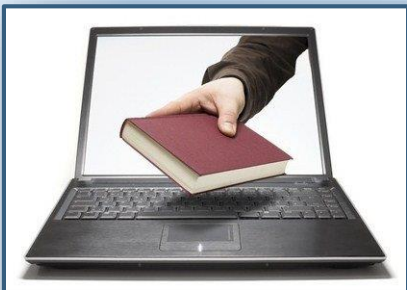




**FIZIKA KEFEDRASI**



**Fizika II**

**2019**

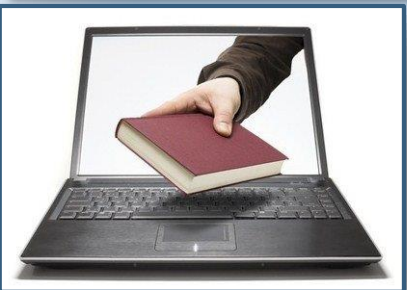
# **QATTIQ JISMLAR FIZIKASI**

**14 – ma’ruza**

**K.P.Abduraxmanov,  
V.S.Xamidov, M.F.Raxmatullaeva**



**TÁBIYIY HÁM  
ANÍQ PÁNLER  
KAFEDRASÍ**



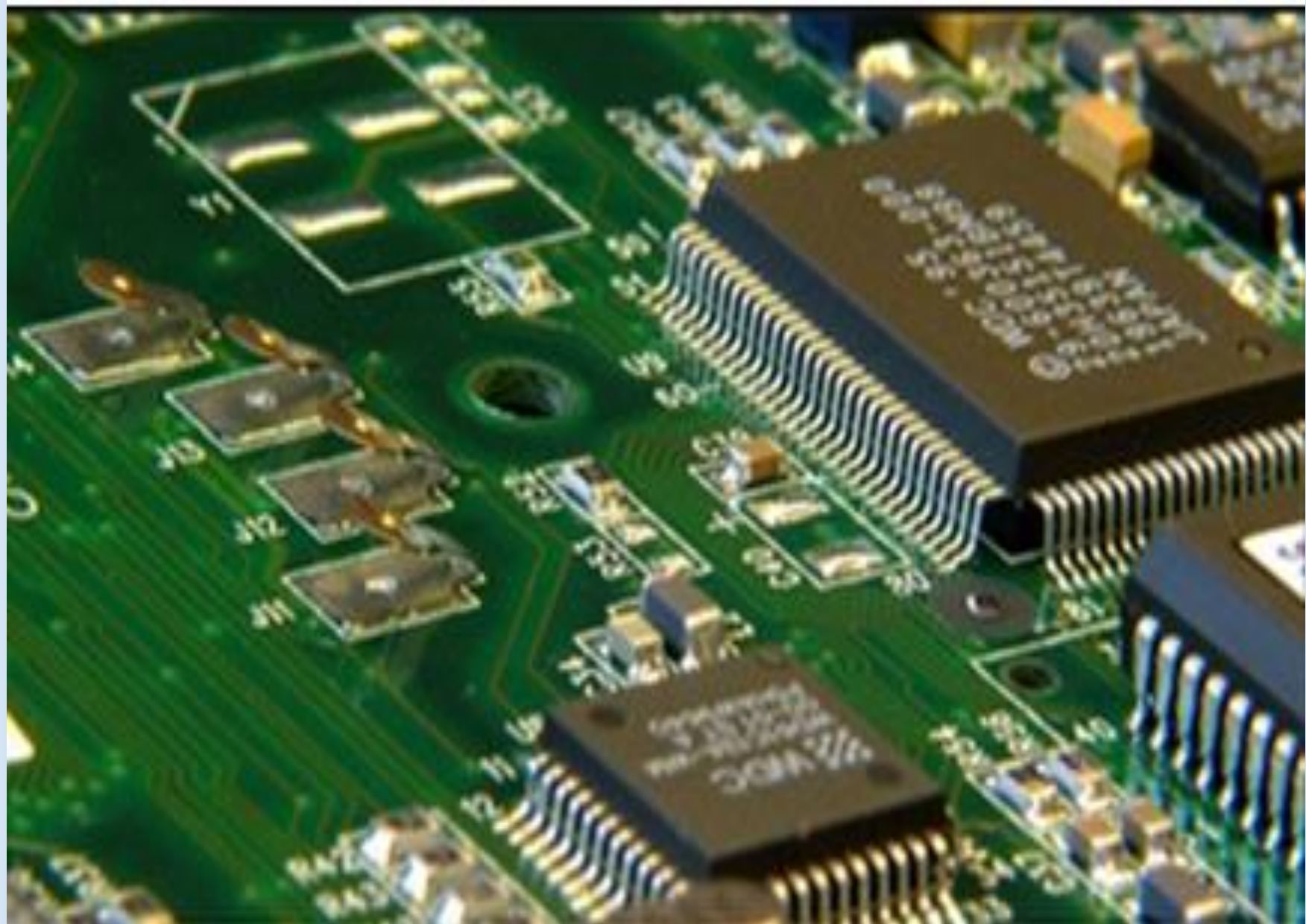
**Fizika II**

**2023**

# **QATTÍ DENELER FIZIKASÍ**

**14 – lekciya. Kontaktlıq qubılıslar.**

**Qaraqalpaq tiline awdarmalağan  
S.G.Kaypnazarov**



# Lekciya rejesi

- Shıǵıw jumısı.
- «Metall-metall», «metall-yarım ótkizgish», «yarım ótkizgish- yarım ótkizgish» shegaralarındaǵı kontaktlıq hádiyseler.

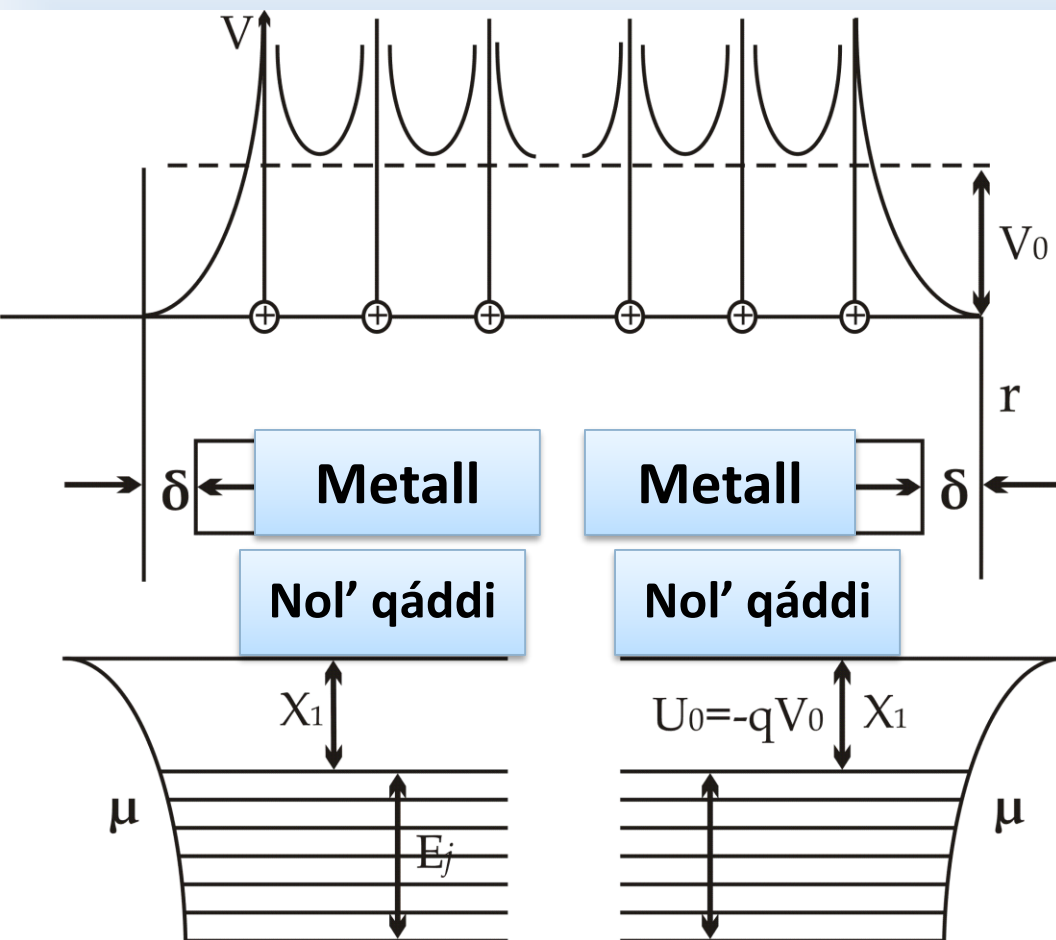
# Shıǵıw jumısı

Metall kristall pánjeresi oń ionlarınıń dáwirli potencial maydanına kiritilgen erkin elektron teris potencial energiyaǵa iye boladı:

$$U_0 = -qV_0$$

Metalldıń dáwirli potencialı elektronlar ushın potencial shuqırılıq wazıypasın óteydi hám bul shuqırılıqtan elektronlardıń vakuumǵa ótiwi ushın qandayda bir shıǵıw jumısın atqarıw kerek boladı.

Metalldan elektronlardı vakuumǵa shıǵarıw ushın eń kem atqarılatuǵın jumıs Fermi qáddinen  $00$  qáddige shekem bolǵan  $\chi$ –ǵa teń. Bunı *termodinamikalıq shıǵıw jumısı* dep ataladı.



**Metallдің kristall pánjeresin qurawshı oń ionlar kristall ishinde pánjere túyinlerinen ótiwshi, dáwirli ózgeretuǵın, oń potencialǵa iye bolǵan elektr maydanın payda qıladı.**

**Elektronnıń metallan vakuumǵa ótiwindegi potencial energıanıń ózgeriwi tómendegige teń boladı:**

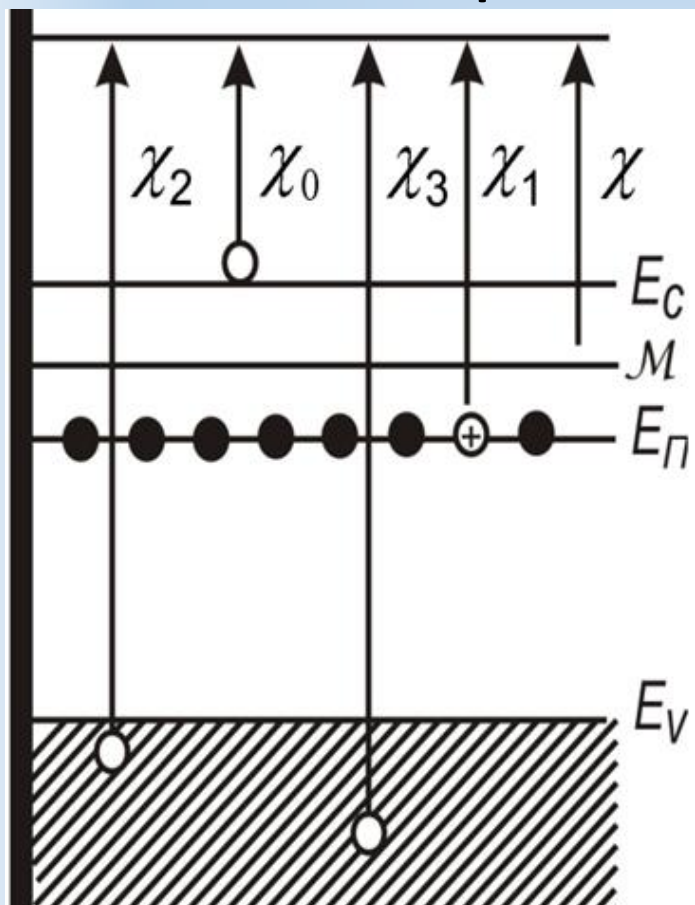
**vakuumda  $U = 0$ , metallda bolsa**

$$U = U_0 = -eV_0.$$



Metalldan elektronlardı vakuumğa shıǵarıw ushın eń kem atqarılatuǵın jumı Fermi qáddinen  $00$  qáddige shekem bolǵan  $\chi$ -ǵa teń. Bunu *termodinamikalıq shıǵıw jumısı* dep ataladı.

Nolinshi qáddi



Yarım ótkizgishlerde Fermi qáddinen bir waqıtta joqarı hám tómen qáddilerden elektronlardı vakuumğa shıǵarıw sistemaniń teń salmaqlılıq halatın buzawǵa hám kristall temperaturasın ózgertpewge alıp keledi. Sol sebepli, yarım ótkizgishler ushın shıǵıw jumısı Fermi qáddinen nolinshi qáddige shekem bolǵan energetikalıq aralıq  $\chi$ -ǵa teń dep esaplanadı.

## Metall-metall kontaktı

Elektronlardıń ótiwi sebepli birinshi metalldıń  $\mu_1$  ximiyalıq potencialı artıp baradı, elektronlardıń ketiwi áqibetinde ekinshi metalldıń  $\mu_2$  ximiyalıq potencialı páseyip baradı. Bul eki ximiyalıq potenciallar birdey biyikliklerde bolǵanında elektronlardıń bir metalldan ekinshisine ótiwi toqtaydı hám turaqlı potentciallar ayırmasına iye bolǵan dinamik teń salmaqlılıq ornatıladı.



# Metall-metall kontaktı

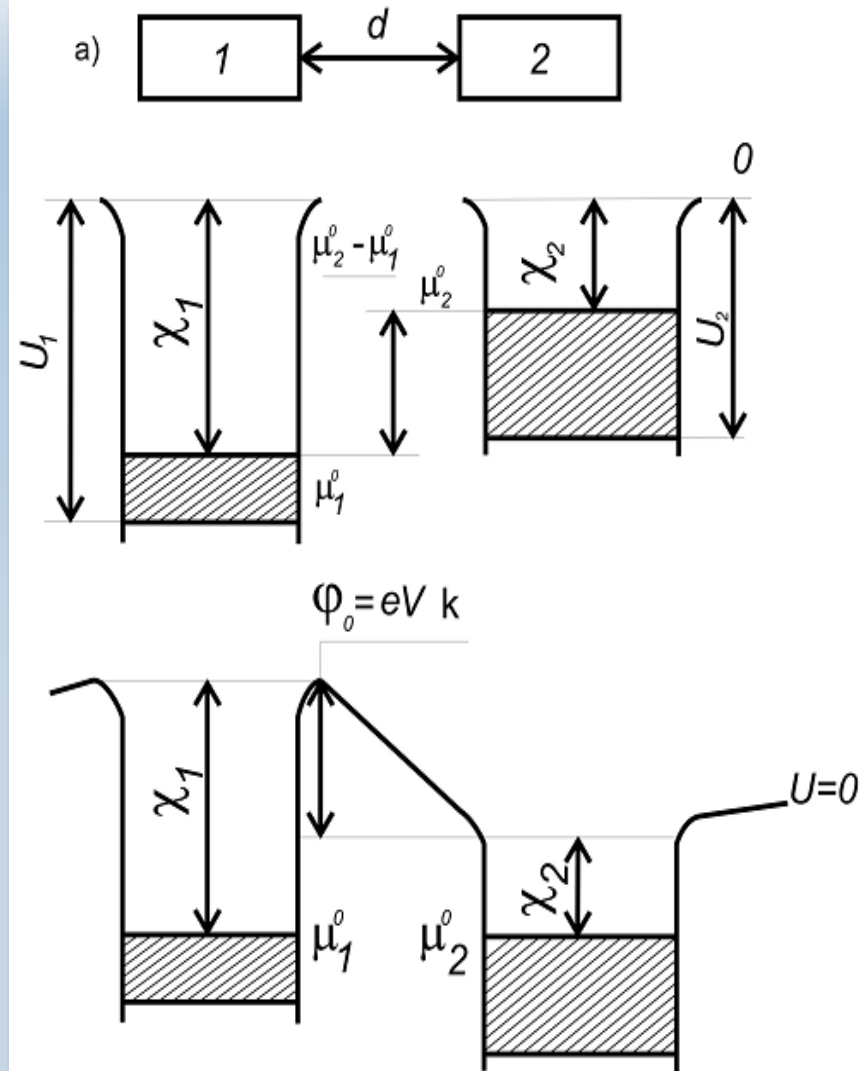
Kontakt ornatılıwı menen,  $\mu_2$  ximiyalıq potencialı úlken bolğan ekinshi metallardan birinshi metallğa elektronlardıń ótiwi ústinlik qıladı. Bul metallarda elektron gazı tómendegi ximiyalıq potenciallar menen xarakterlenedi  $\mu_1$  hám  $\mu_2$ .

Elektronlardıń termodinamikalıq shıǵıw jumısları bolsa  $\chi_1$  hám  $\chi_2$  ge teń.

**Metallar  $d$  aralıqqa shekem jaqınlastırılǵanda termoelektron emissiya hádiyesine tiykarlanıp elektronlardıń effektli ózara almasıwı baqlanadı.**

**Bul potenciallar ayırması *sırtqı kontaktlıq potenciallar ayırması* dep ataladı.**

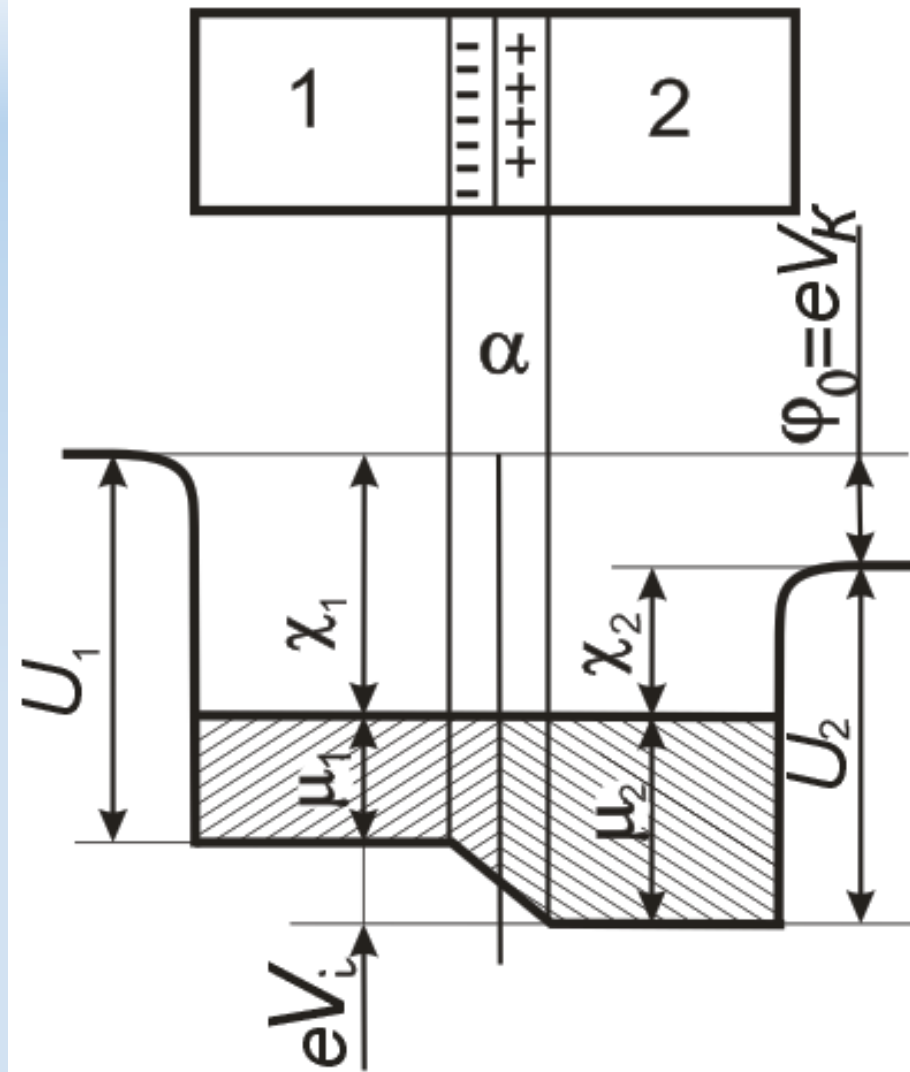
**$\chi_1, \chi_2$  1- hám 2- metalldıń termodinamikalıq shıǵıw jumısları.**



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

Ximiyalıq potenciallar qáddileri teńleskennen soń, Fermi qáddindegi elektronlar kinetikalıq energiyaları hár qıylı boladı: 1 - metalda  $E_{F1}$  ge teń boladı, 2 – metalda bolsa  $E_{F2}$  ge teń boladı: ( $E_{F2} > E_{F1}$ ). Kontakt ornatılǵannan soń, *ishki kontaktlıq potenciallar ayırması* esabına ekinshi metalldan birinshi metallǵa elektronlardıń diffuziyası baqlanadı.

Sırtqı kontaktlıq potenciallar ayırması kontaktta bolǵan metallar shıǵıw jumıslarınıń ayırması esabına payda boladı: elektronlar shıǵıw jumısı kem bolǵan metalldan shıǵıw jumısı úlken bolǵan metallǵa ótedi.



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

**Elektr maydanı kontaktlıq potenciallar ayırması bar bolğan metallardıń juqa bet qatlamlarındaǵana boladı.**

### **1 - nızam**

**Ximiyalıq qásiyetleri hár qıylı bolğan ótkizgishler tutastırılǵanda, olar arasında, tek ótkizgishlerdiń ximiyalıq qásiyetleri hám tempereturaǵa baylanıslı bolğan kontaktlıq potenciallar ayırması payda boladı.**

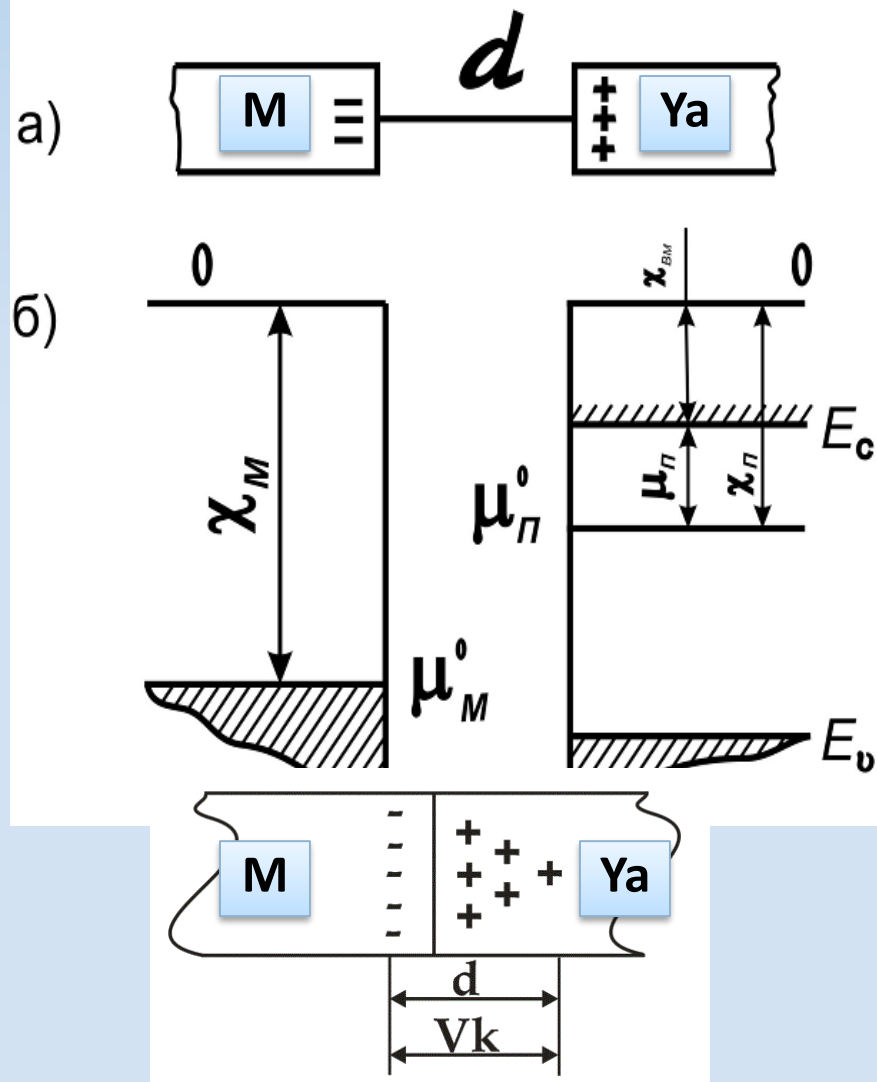
### **2 - nızam**

**Izbe-iz jalǵanǵan metall ótkizgishlerdiń ushları arasındaǵı kontaktlıq potenciallar ayırması, berilgen tempereturada, aralıq ótkizgishlerdiń ximiyalıq dúzilisine baylanıslı bolmay, shetki ótkizgishlerdiń tuwrıdan-tuwrı tutasıwında payda bolatuǵın kontaktlıq potenciallar ayırmasına teń.**

# Yarım ótkizgish penen metallıń kontaktı

Oylayıq, metallıń termodinamikalıq shıǵıw jumısı yarım ótkizgishtiń shıǵıw jumısınan úlken bolsın. Kontakt shegarasında elektronlardıń ózara almasıwı nátiyjesinde metall hám yarım ótkizgish arasında teń salmaqlılıq ornatıladı.

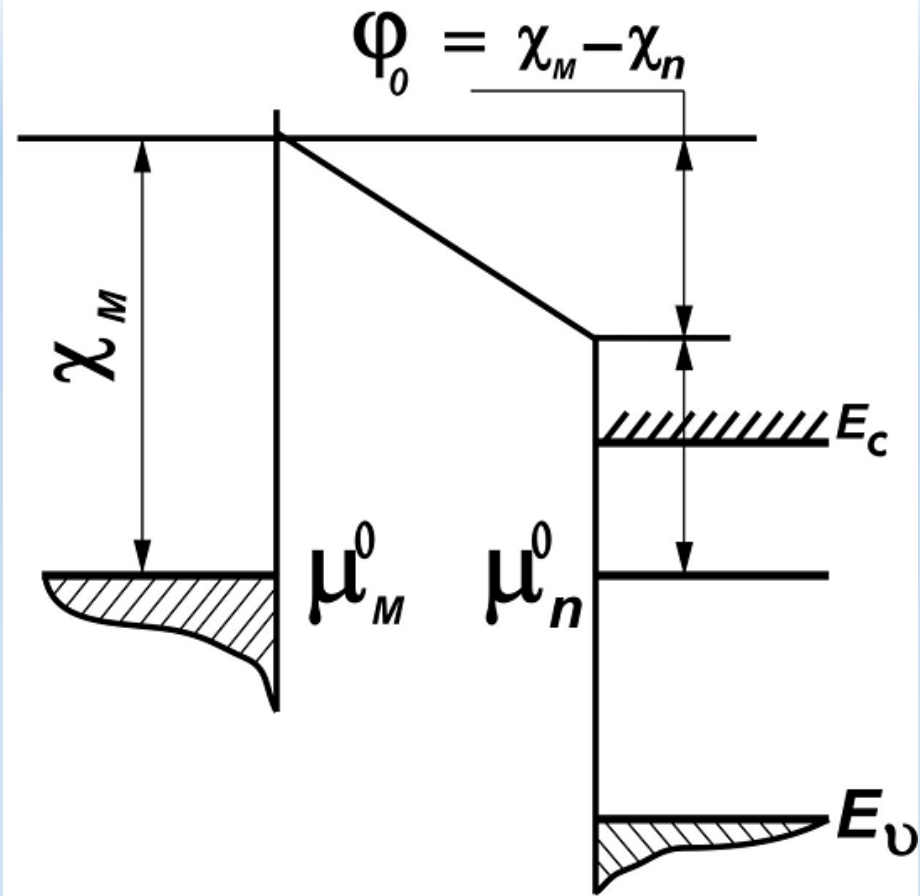
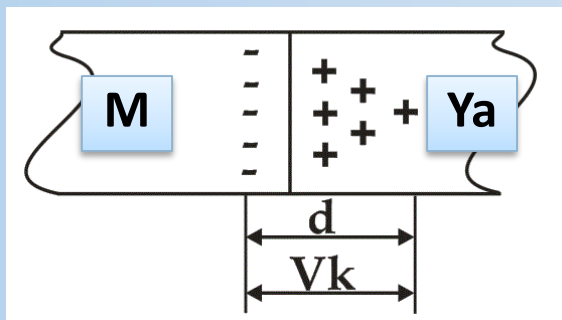
Yarım ótkizgishtegi Fermi qáddi metalldaǵıǵa salıstırǵanda joqarı bolǵanı sebepli, ózara tutasıw júz beriwı menen, yarım ótkizgishten metallǵa ótiwshi elektronlar aǵımı úlken boladı. Nátiyjede, metall teris zaryadlanıp, onıń Fermi qáddi kóteriledi, yarım ótkizgish oń zaryadlanıp, onıń Fermi qáddi páseyedi.



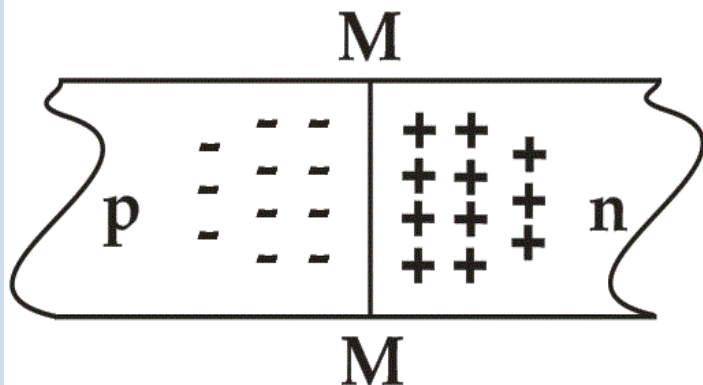
Metall hám yarım ótkizgishtiń  
Fermi qáddileri birdey  
biyikliklerge eriskenlerinde teń  
salmaqlılıq ornatıladı hám  
metaldan yarım ótkizgishke ótip  
atırǵan elektronlar ushın

$$\varphi_o = eV_k = \chi_m - \chi_n$$

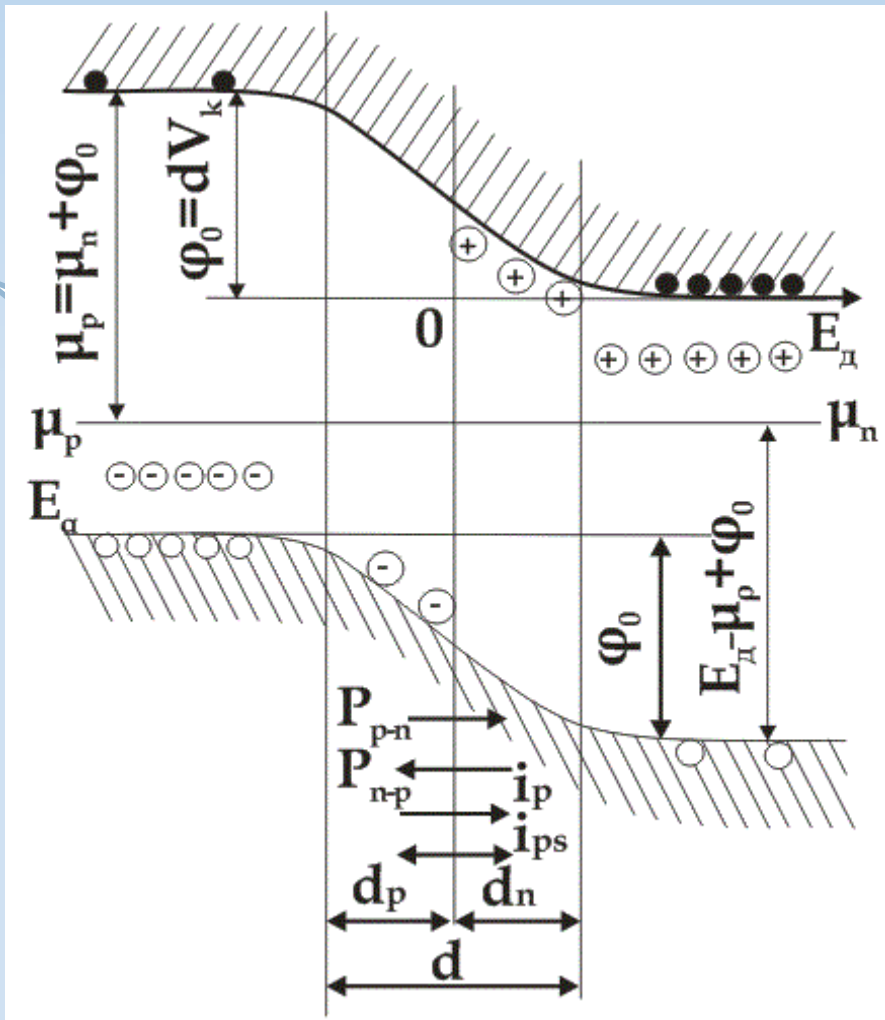
potencial tosqańlıq payda boladı.



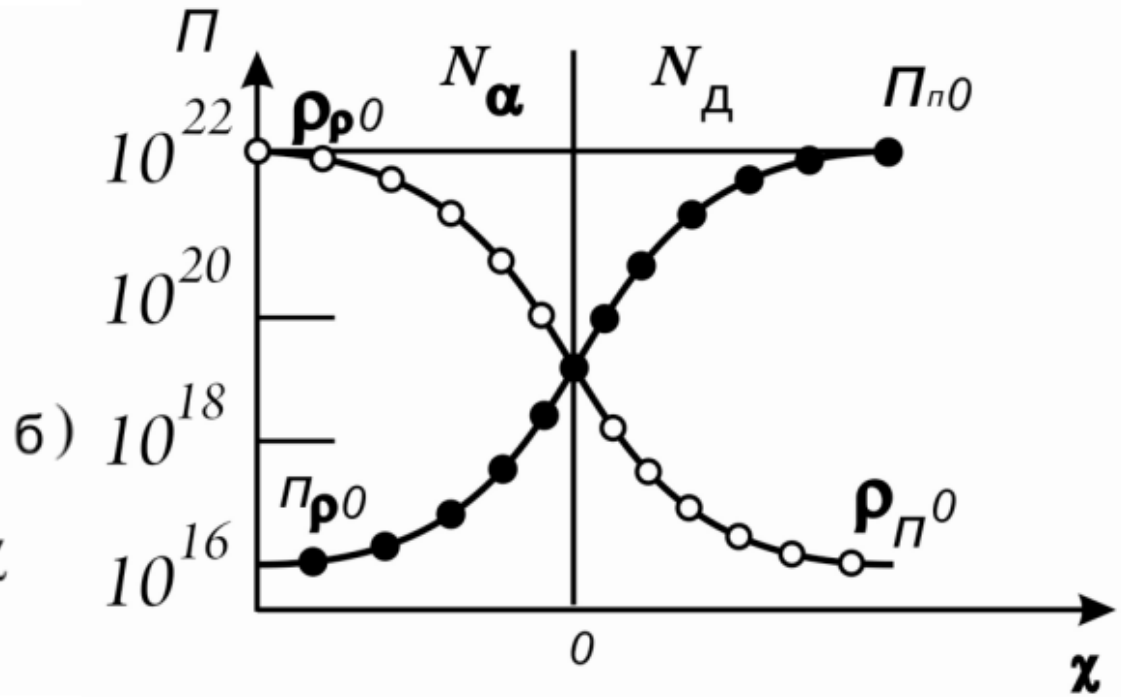
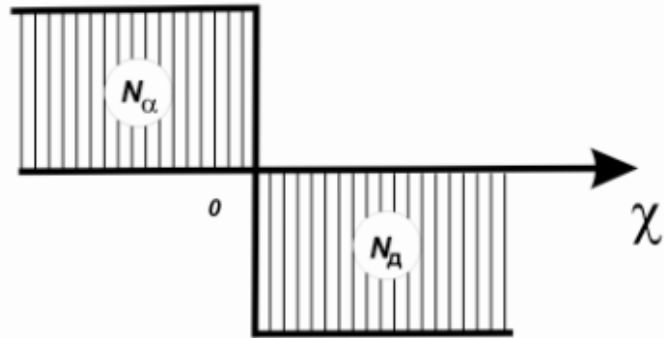
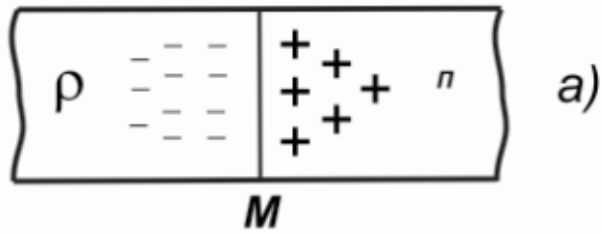
# Hár qıylı túrdegi yarım ótkizgishlerdiń kontaktı



ońda -  $N_D$  donorlar  
koncentraciyasına iye  
bolǵan  $n$ -tipli yarım  
ótkizgish. Ápiwayı hal  
ushın:  
 $N_A = N_D$







**Tiykargı tok tasiwshı koncentraciyası:**

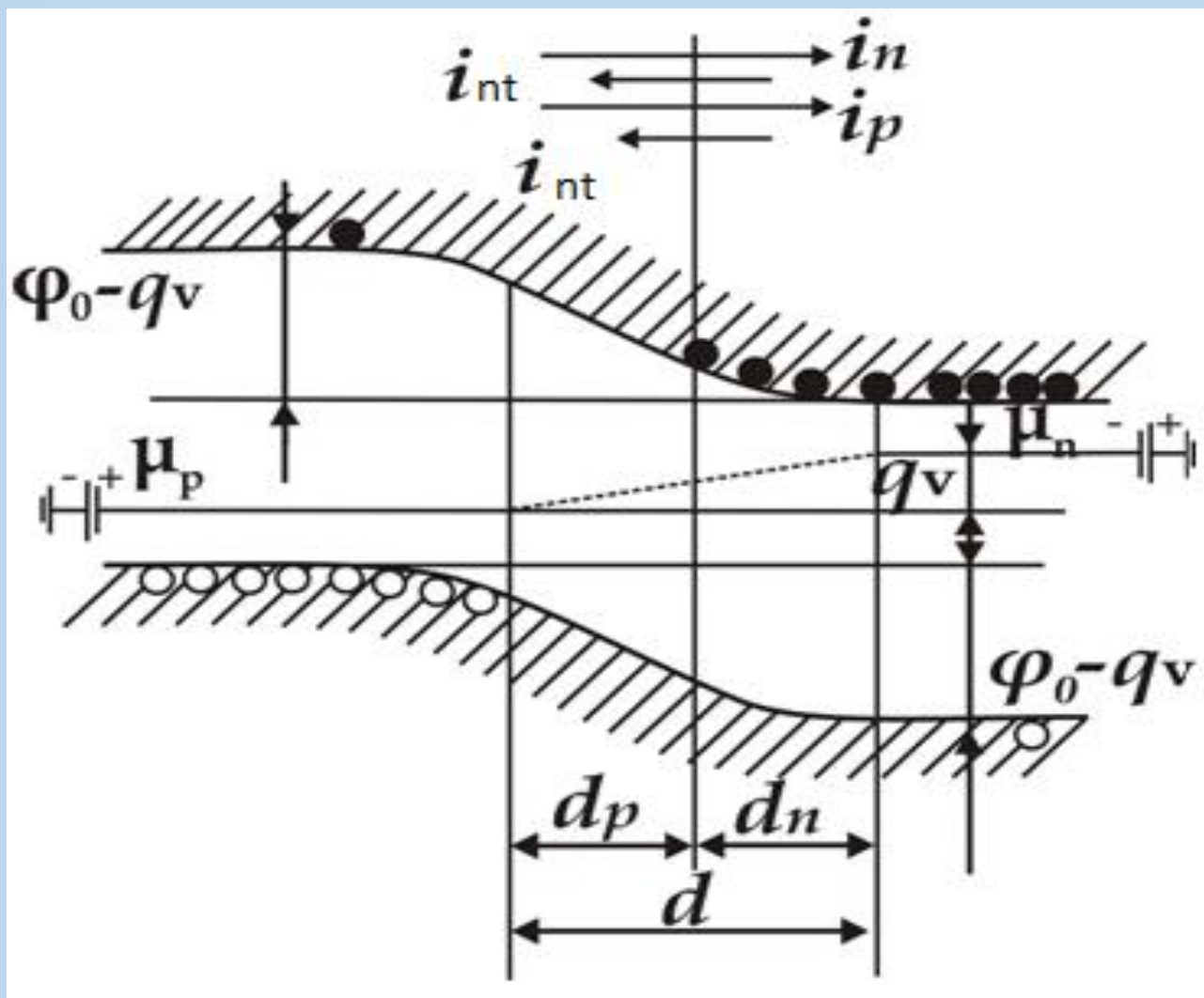
$$N_{n0} = P_{p0} = 10^{22} \mathcal{M}^{-3}$$

**Tiykargı bolmağan tok tasiwshılar  
koncentraciyası:**

$$N_{p0} = P_{n0} = 10^{16} \mathcal{M}^{-3}$$

***n* - hám *p* – tipli yarım ótkizgishlerdegi birdey túrdegi tok tasiwshı  
koncentraciyaları ayırması esabına geweklerdiń *p* – zonadan  
*n* – zonağa diffuziyası baqlanadı.**

# Tuwrı bağıtta potenciallar ayırması túsirilgen $p - n$ ótiw



**$n$ – zonaniń oń zaryadlanıwı bárshe energetikalıq qáddilerdiń páseyiwine alıp keledi,  $p$ – zonaniń teris zaryadlanıwı bolsa bárshe energetikalıq qáddilerdiń kóteriliwine alıp keledi.**

**Elektronlardıń ońnan – shepke hám geweklerdiń shepten – ońǵa aǵıp ótiwi sol zonalardaǵı Fermi qáddileriniń birdey biyiklikke ornatılıwına shekem dawam etedi.**

**$p$ - hám  $n$ - zonalardaǵı Fermi qáddileri teńlesiwi menen  $\varphi_0$  potencial tosqınlıqqa sáykes bolǵan teń salmaqlılıq ornatıladı .**

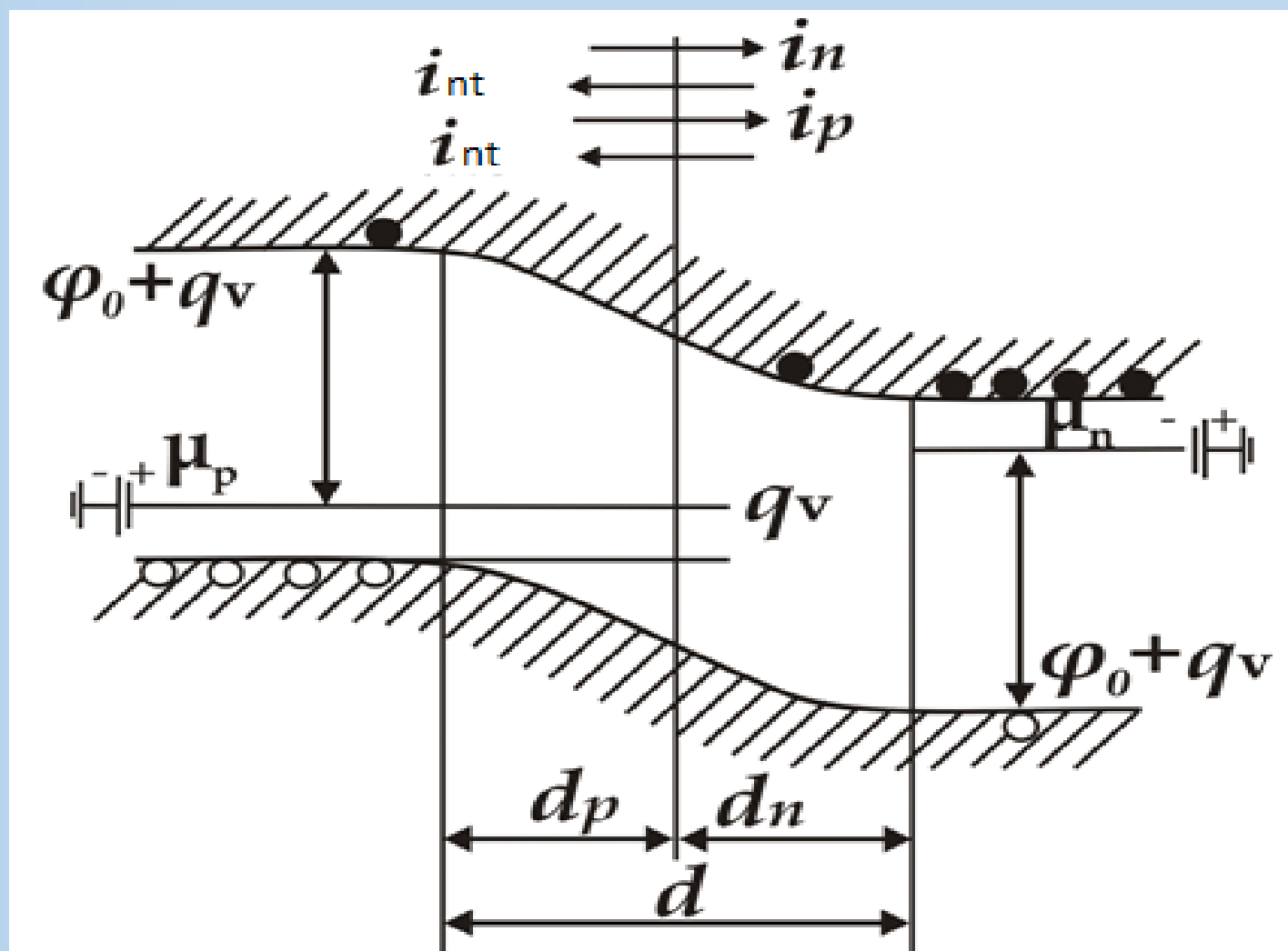
$$\varphi_0 = \mu_n - \mu_p$$

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

Tuwrı bağıttağı sırtqı kernew tiykargı tok tasiwshı potencial tosqınlıqtı  $\varphi$ -qu mániske páseytedi. Bul bolsa  $n$  – zonadan elektronlar aǵımı  $(n_{n \rightarrow p})$  hám  $p$  – zonadan gewekler aǵımınıń  $(p_{p \rightarrow n})$   $e^{qV/kT}$  márte artıwına alıp keledi, nátiyjede, bul elektron hám gewekler payda qılǵan toklar tıǵızlıǵı tómendegishe ańlatıladı:

$$j_n = q \frac{L_n}{\tau_n} n_{p_0} e^{qV/kT} \quad , \quad j_p = q \frac{L_p}{\tau_p} p_{n_0} e^{qV/kT}$$

# Keri bağıtta potenciales ayırması túsirilgen $p - n$ ótiw



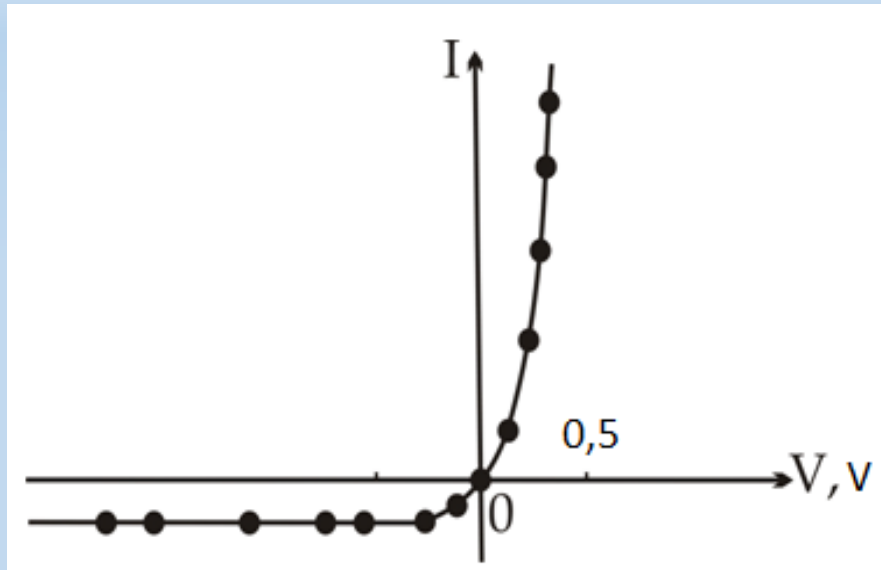
Egerde  $p - n$  ótiwge keri baǵıtta sırtqı kernew túsirsek,  $p - n$  ótiwindegi potencial tosqınlıq biyikligi  $(\varphi_0 + qV)$  mániske shekem artadı hám tiykarǵı tok tasıwshı payda qılǵan tok tıǵızlıqların márte kemeytiredi:  $e^{qV/kT}$

$$j_n = q \frac{L_n}{\tau_n} n_{p_0} e^{-qV/kT}, \quad j_p = q \frac{L_p}{\tau_p} p_{n_0} e^{-qV/kT}$$

$$j_{teskari} = q \left( \frac{L_n}{\tau_n} n_{p_0} + \frac{L_p}{\tau_p} p_{n_0} \right) (e^{qV/kT} - 1)$$

***bul  $p - n$  ótiwden ótip atırǵan tolıq tok tıǵızlıǵı keri tok dep ataladı.***





**bul  $p - n$  ótiwdiń volt – amper xarakteristikası tómendegishe ańlatıladı:**

$$j = q \left( \frac{L_n}{\tau_n} n_{p_0} + \frac{L_p}{\tau_p} p_{n_0} \right) (e^{\pm qV/kT} - 1)$$

# PAYDALANÍLGAN ÁDEBIYATLAR


1. Q.P.Abduraxmanov, V.S.Xamidov, N.A.Axmedova. FIZIKA. Darslik. Toshkent. "Aloqachi nashriyoti". 2018 y. O'zR OO'MTV 2017.24.08 dagi "603"-sonli buyrug'i.
2. B.A.Ibragimov, G.Q.Atajanova. "FIZIKA". Oqiwliq. Tashkent. 2018 j.
3. Q.P.Abduraxmanov, O'.Egamov. "FIZIKA". Darslik. Toshkent. O'quv-ta'lim metodika" bosmaxonasi. 2015 y. O'zROO'MTV 2009.26.02. dagi "51"-sonli buyrug'i.
4. Douglas C. Giancoli. Physics. Principles with Applicathions. 2004 USA ISBN-13 978-0-321-62592-2.
5. Physics for Scientists and Engineers, Raymond A. Serway, John W. Jewett. 9th Edition, 2012.
6. S.G. Kaypnazarov. "Fizika I kursi boyinsha prezentaciyaliq multimediali shiniğıwlar toplami". Elektron oqiw qollanba. Nókis. 2022 j. O'zR OO'MTV 2021.31.05 dagi "237"-sonli buyrug'i.
7. "Fizika-1 kursi bo'yicha taqdimot multimediali ma'ruzalar to'plami". Elektron o'quv qo'llanma. Toshkent. 2019 y. O'zR OO'MTV 2019.04.10 dagi "892"-sonli buyrug'i.



# PEDAGOGIKALÍQ DÁSTÚRIY QURALLAR

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/semiconductor>

## Semiconductors



Energy ↑

Download


Embed

- Semiconductors
- Diodes
- Transistors

[DONATE](#)

PhET is supported by  
**GORDON AND BETTY MOORE**  
FOUNDATION

and educators like you.



# PEDAGOGIKALÍQ DÁSTÚRIY QURALLAR

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/conductivity>

**Conductivity**



- Conductivity
- Energy Levels
- Photoconductors

**DONATE**

PhET is supported by

**BMG**  
BILIM MEDIA GROUP

Facebook icon  
Twitter icon  
Pinterest icon