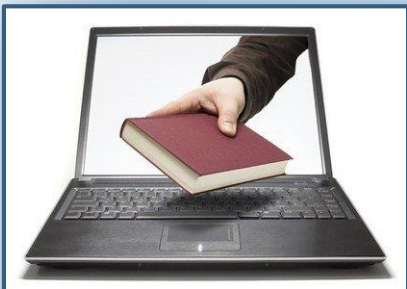




FIZIKA KAFEDRASI



Fizika II

2019

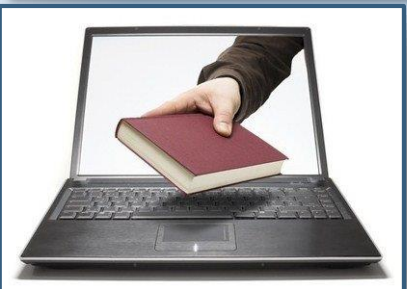
QATTIQ JISMLAR FIZIKASI

12 – ma’ruza

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



**TÁBIYIY HÁM
ANÍQ PÁNLER
KAFEDRASÍ**



Fizika II

2023

QATTÍ DENELER FIZIKASÍ

**12 – lekciya. Menshikli yarım
ótkizgishler.**

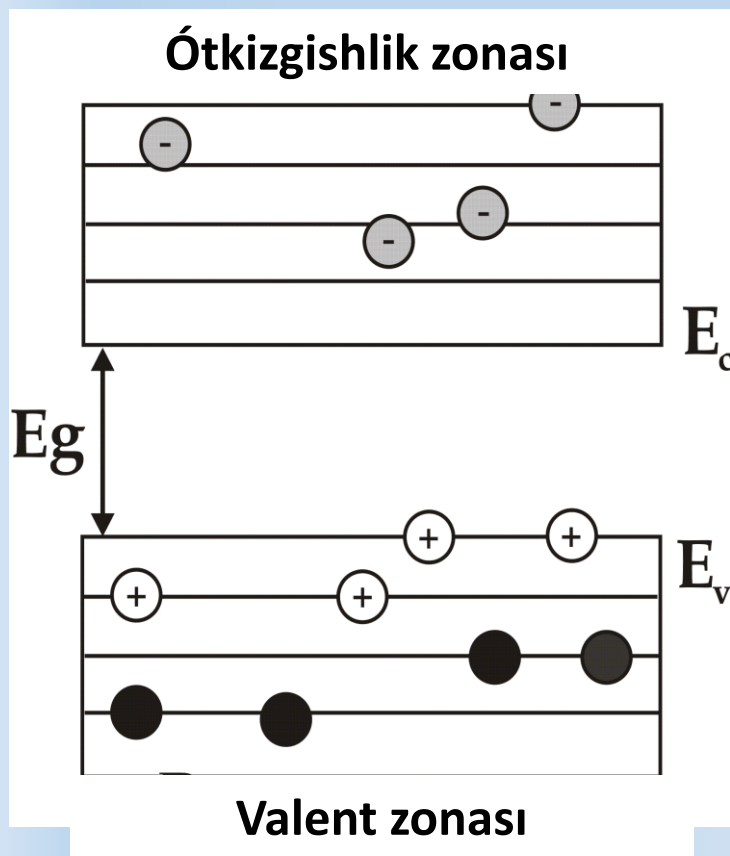
**Qaraqalpaq tiline awdarmalağan
S.G. Kaypnazarov**



Lekciya rejesi

- Menshikli yarım ótkizgishlerde tok tasıwshı zaryadlar koncentraciyası.
- Fermi qáddi hám onıń halatı.
- Menshikli yarım ótkizgishlerdiń ótkizgishligi, onıń temperaturaǵa ǵárezliligi.

0 K de valent zonası elektronlar menen pútkilley tolğan, qadağan etilgen zonası keńligi júdá úlken bolmağan kristall zatlar *yarım ótkizgishler* dep ataladı.



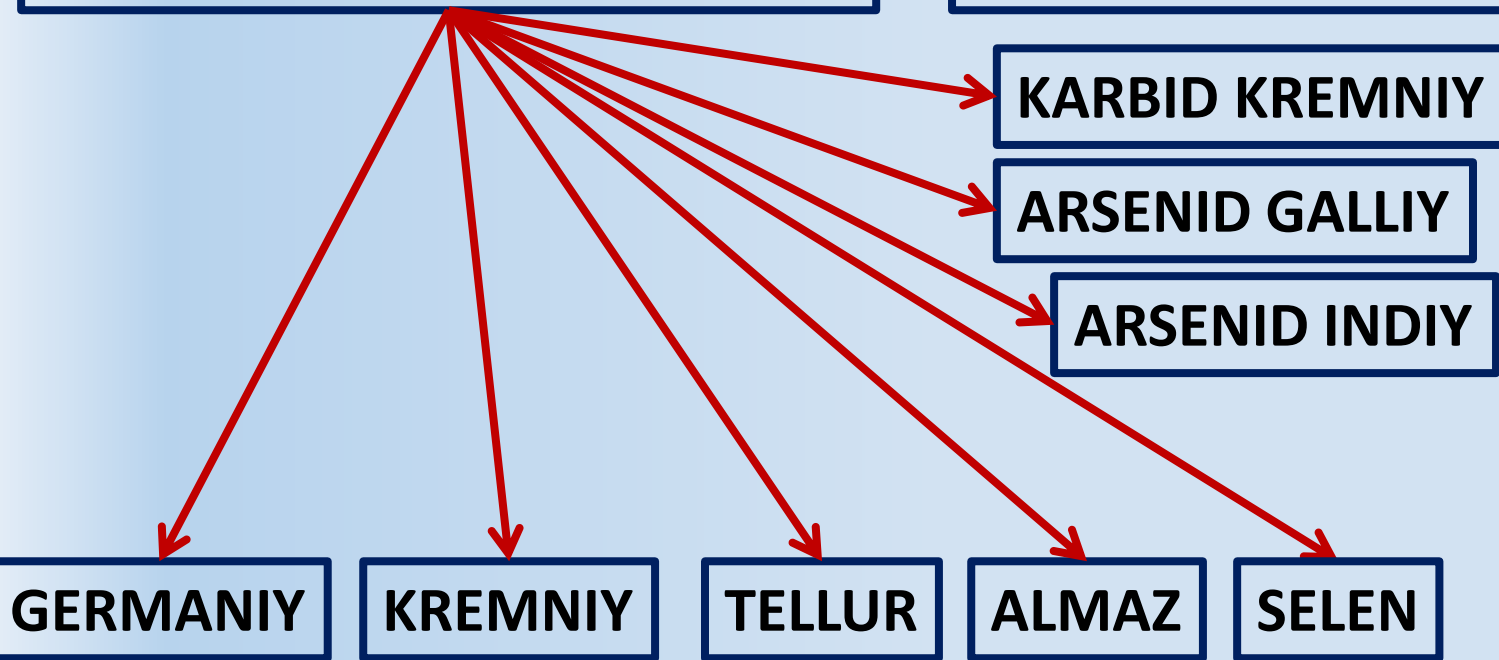
Súwrette valent zona elektronlar menen pútkilley tolğanlıǵı kórinip turıptı.

Elektronlardı ótkizgishlik zonasına kóshiriw ushın olarǵa E_g qadağan etilgen zona keńliginen kem bolmağan energiya uzatıw kerek.

Yarım ótkizgishlerdiń tazalıǵına qarap olar menshikli yaki kirispeli yarım ótkizgishlerge bólinedi.

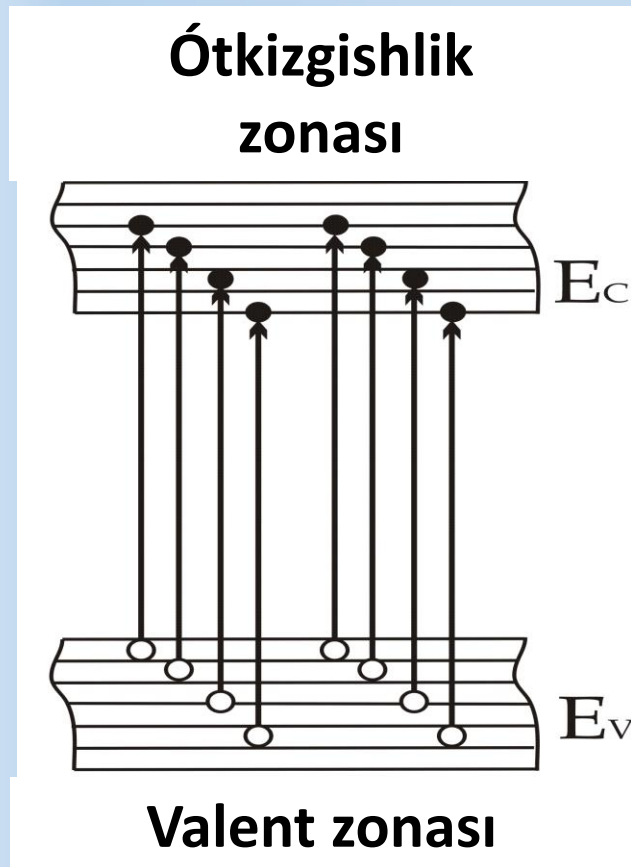
Ximiyalıq taza yarım ótkizgishler – *menshikli* dep esaplanadı, olardıń ótkizgishligi bolsa *menshikli ótkizgishlik* dep ataladı.

Elektrofizikalıq qásiyetleri kirispe atomları menen anıqlanatuǵın yarım ótkizgishler – *kirispeli yarım ótkizgishler* dep atadı.



Absolyut nol ($T = 0\text{ K}$) temperaturada valent zona elektronlar menen tolğan, valent zonadan joqarıda, E_g energetik aralıqta jaylasqan ótkizgishlik zonasındaǵı energetik qáddiler bos. Bul temperaturada elektronlardıń jıllılıq háreketi energiyası E_g – qadaǵan etilgen zona keńligin jeńip ótiwge jetkilikli emes, sol sebepli, menshikli yarım ótkizgish tap

dielektrik zattay ótkizgishlikke iye boladı.



Temperatura artıwı menen, onıń tásirinde valent zonadaǵı elektronlardıń bir bólimi termik qozǵalıp, qadaǵan etilgen zonadan ótkizgishlik zonasına óte alatuǵın energiyaǵa iye boladı.

Bul halda, ótkizgishlik zonasında erkin elektronlar, valent zonada bolsa, sol zonanı taslap ketken elektronlardıń bos energetik halatları payda boladı.

Qısqasha juwmaq

Joqarıdağılardan tómendegi eki áhmiyetli juwmaq kelip shıǵadı:

1. Menshikli yarım ótkizgishlerdiń ótkizgishligi valent zonadaǵı elektronlardıń ótkizgishlik zonasına ótiwi ushın jetkilikli bolǵan energıyanı beriw arqalı payda etiledi. Sonıń ushın menshikli yarım ótkizgishler ótkizgishligi *qozdırılǵan ótkizgishlik* dep ataladı;
2. Qattı denelerdiń yarım ótkizgishler hám dielektriklerge bóliniwi málim bir esapta shártli tábiyatqa iye. Úy temperaturasında dielektrik qásiyetke iye bolǵan almaz, joqarı temperaturalarda sezilerli ótkizgishlikke iye bolıp, yarım ótkizgish qásiyetin aladı.

Menshikli hám kem aralaspalı yarım ótkizgishlerde elektron yaki gewek gazları aynımağan gazlar

$$f(E) = \exp\left(-\frac{E_i - \mu}{kT}\right) = A \exp\left(-\frac{E_i}{kT}\right)$$

hám olardıń halatlar boyınsha bólistiriliwi Maksvell - Bolcman klassikalıq statistikası menen ańlatıladı. Bunday yarım ótkizgishlerde erkin zaryad tasıwshılar koncentracyası Fermi qáddi hám temperaturaǵa ǵárezli.

Joqarıdağı funkciyanıń sheshimi ótkizgishlik zonasındağı elektronlar hám valent zonasındağı gewekler koncentraciyalarınıń ańlatpaların beredi.

$$n = 2 \left(\frac{2\pi m_n kT}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} \exp \left(-\frac{\mu}{kT} \right) \quad p = 2 \left(\frac{2\pi m_p kT}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} \exp \left(-\frac{E_g + \mu}{kT} \right)$$

- μ – ximiyalıq potencial yaki Fermi qáddi,
- m_n hám m_p - elektronlar hám geweklerdiń effektiv massaları,
- E_g - qadağan etilgen zona keńligi,
- h - Plank turaqlısı,
- k - Bolcman turaqlısı,
- T - termodinamikalıq temperatura.

Juwmaq:

Fermi qáddi menen zonalar ortasındaǵı energetikalıq aralıq keńeyiwi menen sol zonaǵa tiyisli zaryad tasıwshılar koncentraciyaları (n hám p) kemeyip baradı.

Menshikli yarım ótkizgishte jıllılıq generaciyası hám rekombinaciyası procesleri nátiyjesinde, yaǵniy valent zonasındaǵı elektronnıń ótkizgishlik zonasına ótiwinde valent zonada gewekler payda etiwı nátiyjesinde, *qálegen temperaturalarda* n_i elektronlar hám p_i geweklerdiń teń salmaqlılıqtaǵı koncentraciyaları ornatıladı
$$n_i = p_i.$$

$$ni = 4 \left(\frac{2\pi kT}{h^2} \right)^3 (m_n m_p)^{\frac{3}{2}} \exp \left(-\frac{E_3}{kT} \right)$$

menshikli yarım ótkizgishlerde belgilengen
***T – temperatura* ushın elektronlar hám gewekler**
koncentraciyalarınıń kóbeymesi turaqlı shama.

n hám p ańlatpaların teńlestirip tómendegige iye bolamız:

$$2\left(\frac{2\pi m_n kT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} \exp\left(\frac{\mu}{kT}\right) = 2\left(\frac{2\pi m_p kT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} \exp\left(-\frac{E_3 + \mu}{kT}\right)$$

bul teńlemeneni μ ge qarata sheship, Fermi qáddi halatın anıqlawshı ańlatpaǵa iye bolamız

$$\mu = -\frac{E_3}{2} + \frac{3}{2} kT \ln \frac{m_p}{m_n}$$

$$\mu = -\frac{E_g}{2}$$

$T = 0$ absolyut temperaturada:

Fermi qáddi qadağan etilgen zonaniń qaq ortasında jaylasadı.

Temperatura artıwı menen:

**$m_p > m_n$ bolǵanda ótkizgishlik zonaniń túbine umtıladı,
 $m_p < m_n$ bolǵanda valent zonaniń tóbesine umtıladı.**

Fermi qáddi ańlatpasın

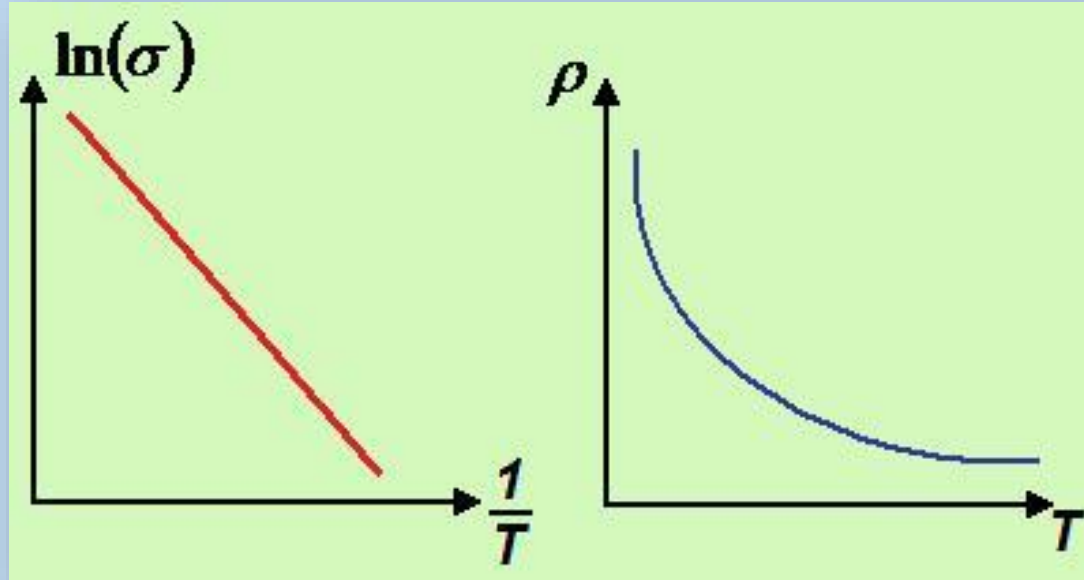
$$\mu = -\frac{E_3}{2} + \frac{3}{2}kT \ln \frac{m_p}{m_n}$$

n hám p ańlatpalarına qoysaq, tómendegige iye bolamız:

$$n_i = p_i = 2 \left(\frac{2\pi \sqrt{m_n m_p} kT}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} \exp \left(-\frac{E_3}{2kT} \right)$$

bul ańlatpada, menshikli yarım ótkizgishlerde tok tasıwshılardıń teń salmaqlılıqtaǵı koncentraciyaları yarım ótkizgishtiń qadaǵan etilgen zonası keńligi hám temperaturasına ǵárezliligi kórinip turıptı.

Yarım ótkizgishtiń menshikli ótkizgishligi hám salıstırmalı qarsılıǵınıń temperaturaǵa ǵárezlilik sıızımları



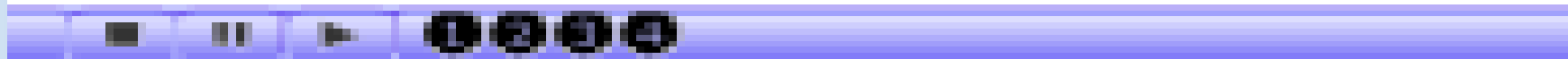
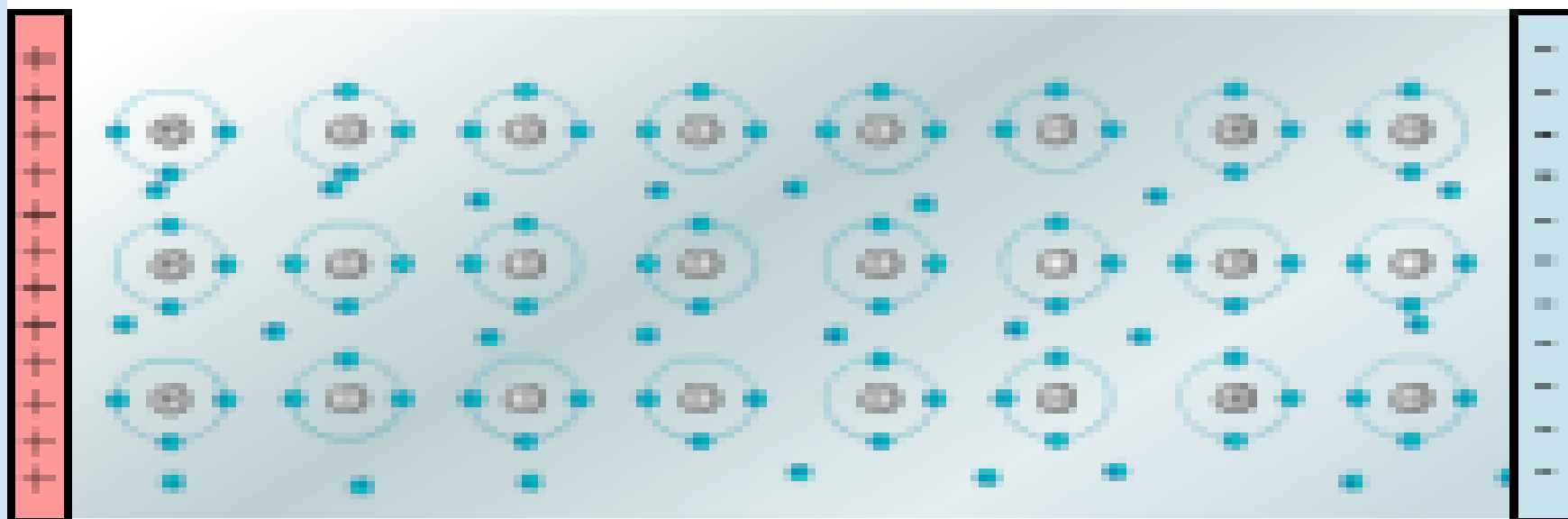
- Temperatura artıwı menen ótkizgishliktiń ósiwi – yarım ótkizgishtiń xarakterli qásiyeti.
- *Yarım ótkizgishtiń salıstırmalı qarsılıǵı* temperatura artıwı menen eksponencial nızam boyınsha kemeyip baradı.

Mısal:

Qadağan etilgen zonanıń keńligin $1,12\text{ eV}$ (Kremniy)den $0,08\text{ eV}$ (Qalay)ǵa shekem kemeytirilse xana temperaturasında elektronlardıń koncentraciyası 9 tártipke asadı.

Germaniy temperaturasın 100 K nen 600 K ge shekem asırsaq, onıń koncentraciyası 17 tártipke asadı.

МЕТАЛЛ



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



↓ 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, Twitter, Pinterest icons