**11-lekciya. Elеktrmaydanındаdielеktriklerhámótkizgihler**

**Reje:**

1. Dielеktriklerdiń bolyarlanıwı.
2. Bolyarlanıwvеktоrı.Sеgnеtоelеktrikler. Pеzоelеktrlik effеkt.
3. Elektr maydanındaǵı ótkizgihler.
4. Ótkizgishlerdiń elеktr sıyımlılıǵı. Zаryadlаnǵаn shаr sıyımlılıǵı. Kоndеnsаtоrlar hám olardıń sıyımlılıǵı. Hár túrli gеоmetriyalıq formalı kоndеnsаtоrlar elеktr sıyımlılıǵı. Zаryadlаnǵаn ótkizgishler sistemasınıń enеrgiyası. Elеktr mаydan enеrgiya tınızlını.

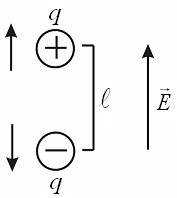
**1.   Dielektriklerdiń bolyarlanıwı**

          Dielektrikler atom hám molekulalardan quralǵan.  Atom bolsa, oń zaryadlı yadrolıq hám teris zaryadlı elektronlardan ibarat esaplanadı.  Atomnıń oń zaryadı yadroda toplanǵan bolıp,  terisbelgidegi elektronlar bolsa,  yadro átirapında hárekette boladı.

         Kóbinese teris zaryadlardıń orayıoń zaryadlı yadro orayı menen ústpe úst túsedi.

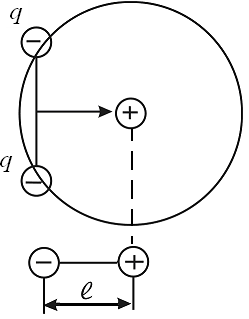
         Birinshi túrdegi dielektrikler (*N*2,  *H*2,  *O*2,  *CO*2 hám b. ) molekulalarındaǵı elektronlar yadro átirapında simmetrik jaylasıp sırtqı elektrostatik maydan bolmaǵanda,  oń hám teris zaryadlardıń salmaq orayları ústpe-úst túsken boladı.  Bunday dielektrikler molekulaları**bolyarsız**molekulalar dep ataladı.

         Sırtqı elektrostatik maydan tásirindebolyarsız molekula zaryadları jıljıy baslaydı.  Ońzaryadlar maydan baǵıtında,  teris zaryadlar maydanǵa keri baǵıtta jıljıydı (*1-súwret*).  Solay etip,  molekula  dibol momentına iye boladı.



***1- súwret.  Sırtqı elektrostatikmaydantásirindebolyarsızmolekulanıń dibol' momentiniyelewi***

        Ekinshitúrdegidielektrikler (*H*2*O*,  *NH*3,  *SO*2,  *CO*, …. . ) molekulalarındaǵıelektronlaryadrolıqdóńgelek nosimmetrikjaylasqanboladı hámsırtqı elektrostatikmaydanbolmaǵandadaońhám teris zaryadlardıń salmaq orayları ústpe-ústtúspeydi.



***2-súwret.  Bolyarlı molekula dibolı***

Bunday dielektrik molekulaları sırtqı maydansız da dibol' momentınaiye bolıp, olar **bolyarlı**molekulalar dep ataladı    (*2-súwret*). Sırtqı elektrostatik maydan bolmaǵanda molekulalardıń tártipsiz háreketi sebepli dielektrik boyınsha molekulalardıń ulıwmadibol' momentlerinolge teń boladı.

        Eger bunday dielektrik sırtqı elektrostatik maydanǵa qoyılsa,  maydan kúshleri dibollardı maydan baǵıtına qarap burıwǵa háreket etedi hám nolden parıqlı ulıwma dibol' momenti payda boladı.

         Solay etip,  sırtqı elektrostatik maydan tásirinde eki túrdegi dielektrikte denolden parıqlıdibol' momentleri payda boladı.  Bul hádiyse dielektriklerdiń**bolyarlanıwı** dep ataladı.

         Solay eken,  **bolyarlanıw** dep,  sırtqı elektrostatik maydan tásirindedibollardıń maydan kúsh sızıqları baǵıtın ózgertiw procesınaaytıladı.

        Tómendegibolyarlanıwtúrleribarbolıptabıladı:

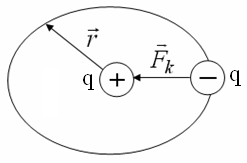
        1) elektronlıbolyarlanıw;

         2) orientaciyalıq yamasa dibollıbolyarlanıw.

**Elektronlıbolyarlanıw**  dep,  bolyarsız molekulalardan quralǵan dielektrik,  sırtqı elektrostatik maydanǵa kiritilgende,  atomlar elektron qabıqlarınıń deformaciyası esabına indukciyalıqdibol' momentleri payda bolıwınaaytıladı.

**Orientaciyalıq** yamasa **dibollıbolyarlanıw**bolyarlı molekulalardan quralǵan dielektrik sırtqı elektrostatik maydanǵa kiritilgende,  tártipsizbaǵıtlanǵan molekulalar dibol' momentleriniń maydan baǵıtına qarap tınızlınınaaytıladı.  Biraq,  molekulalarıssılıq háreketi nátiyjesinde tek ayırım molekulalardıń dibol' momentleri maydan baǵıtı boyınsha jaylasadı hám ol maydan kernewliligine baylanıslı boladı.

          Bolyarsız molekulaları bolǵan dielektriklerdiń eńápiwayısı vodorod molekulasınıń atomı bolıp tabıladı.Sırtqı elektrostatik maydan bolmaǵanda,  vodorod atomındaǵı bir elektron yadro átirapında radiuslı orbita boylap háreketlenedi (3 - súwret).



***3- súwret.  Vodorod atomınıń dibolı***

Bul halda elektronnıń yadroǵa tartılıw kúshi Kulon nızamına tiykarlanǵan :

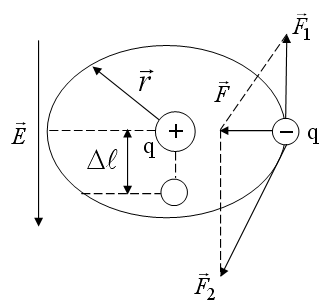
denibaratboladı, orayǵaumtılıwshıkúshbolsa ǵateń.

Elektronnıń yadroǵatartılıwkúshiorayǵaumtılıwshıkúshpenenteń salmaqlılıqtaboladı:

     ,                            (1.1)

buljerde*w* – orbitaboylaphárekettiń múyeshtezligibolıptabıladı.

        Kernewliligi  bólǵanelektrostatikmaydanǵaatomkiritılsa, elektronorbitasıdeformaciyalanıp,  –vektordıń baǵıtınaqarama-qarsı tárepke  – aralıqqajiljıydı.  Bunda orayǵaumtılıwshı kúsh teń tásir etiwshi kúsh *F* den ibarat bolıp,  elektrostatik maydannıń elektronǵa tásir kúshi hám elektronnıń yadroǵa tartısıw kúshi *F*2 den ibarat boladı (*4 - súwret*).  Súwrettegi múyeshlerden



***4- súwret.  Vodorodatomıdibolınıń sırtqı elektrostatikmaydandadeformaciyası***

       hám         ,               (1.2)

qatnaslarǵaiye bolamız.

         Solay eken,  indukciyalanǵandiboldıń iyini   tómendegige teń boladı:

     ,                                 (1.3)

hám sol diboldıń elektr momenti tómendegishe ańlatıwmúmkin:

     ,                   (1. 4)

    Eger (1.1) – ańlatpadaǵı  ni (1.4) – ańlatpaǵa qoyılsa,  diboldıń elektr momenti tómendegi kórinisti aladı :

   ,     yamasa  ,  (1.5)

Bunı vektor kóriniste tómendegishe ańlatıwmúmkin :

   .                           (1.6)

Eger atomnıń kolemin  ǵa teń dep alsaq 

ǵa iye bolamız.

  – proporcionallıq koefficienti bolıp, oǵan atomnıń**bolyarlanıwı** dep ataladı.

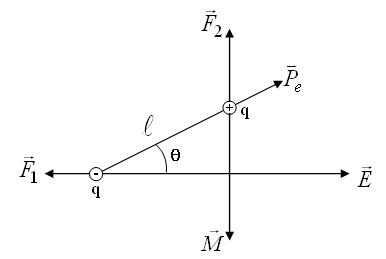
    ,                             (1.7)

         Solay eken,  atomnıń**bolyarlanıwı** onıń ernewlikólemine teń bolǵan fizik shama bolıp tabıladı.

        Endi oylayıq, bir tekli ( ) sırtqı elektrostatik maydanǵa dielektriktiń bolyarlı molekulası jaylastırılǵan bolsın (*5 - súwret*).  Bolyarlıdiboldıń elektr momentiniń vektorı  sırtqı maydan kernewliligi vektorı  menen *a*  múyeshpayda etsin.

         Dibolǵa tómendegi

   va       ,                    (1.8)



***5- súwret. Sırtqı elektrostatikmaydandadibolǵatásiretiwshikúshler***

jupkúshlertásir etedi. Buljupkúshlerdiń moment nińsanmánisitómendegigeteń boladı

    ,     (1.9)

vektor kóriniste bolsa

      ,                        (1.10)

 menen ańlatıladı.

  vektor  va   vektorlar jatqan tegislikke perpendikulyar bolıp,  saat miliniń baǵıtı menen sáykes túsedi.

         Jup kúshler momenti  ,  diboldıń elektr momenti   sırtqı elektrostatik maydan kernewliliginiń vektorı  menen sáykes túskenshe tásir etedi.

         Diboldıń elektrostatik maydan boylap tınızlını  **dibollıbolyarlanıw** yamasa **orientaciyalıqbolyarlanıw** dep ataladı.

         Eger dibol' bir tekli bolmaǵan   elektrostatik maydanǵa kiritilse,  +*q* zaryad dóńgelek  ,  -*q* zaryad dóńgelek  maydon kernewlilikleri  tásir etedi.

         Jup kúshler jıyındısı tómendegige teń boladı.

    ,                  (1.11)

  diboldıńiyini *l* boyınsha, ortasha maydan kernewliligi bolıp tabıladı,  yaǵnıy

    ,       (1.12)solay eken,     .     (1.13)

Skalyar kóriniste bolsa, ǵa teń bolıp tabıladı.

(1.13) – ańlatpanı tómendegishe ańlatıwımız múmkin

 ,    (1.14)

**2.   Bolyarlanıwvektorı**

          Dielektriktiń bolyarlanǵanlıq dárejesin xarakterlewushın,  bolyarlanıw vektorı dep atalıwshı fizik shama túsinigi kiritiledi.

**Bolyarlanıwvektorı**  dep,  dielektriktiń bir birlik kólemindegi barlıq dibollar elektr momentleriniń vektor jıyındısına muǵdar tárepten teń bolǵan fizik shamaǵaaytıladı,  yaǵnıy *V* elementar kólemdegi n diboldıń elektr momentleri jıyındısın *V*kólemge bolǵan qatnasına teń

    ,                          (2.1)

bunda  – bolyarlanǵan  *i* - molekulanıń elektr momenti.

        Eger bolyarsız molekulalı izotrop dielektrikler bir tekli elektrostatik maydanǵa kiritilse,  diboldıń elektr momenti   bárshemolekulalar ushın birdey boladı:

    ,            (2.2)

bul jerde*n*0 - dielektriktiń birlik kolemindegi molekulalar sanı – koncentraciyası bolıp tabıladı.

         Solay eken,  bolyarsız molekulada indukciyalanǵan diboldıń elektr momenti tómendegishe ańlatıladı :

     ,                       (2.3)

yeger  dep belgilesek,  *a* - **atomnıń bolyarlanıwı,**   - dielektriktiń**dielektrik qabıl etiwsheńligin** ańlatadı.

    ,                            (2.4)

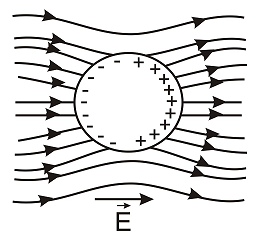
**Dielektrik qabıl etiwsheńligi** dep,  bir birlik kólemdegi dielektrik molekulalarınıń bolyarlanıwına muǵdar tárepten teń bolǵan fizik shamaǵaaytıladı.

**3.   Elektrostatikmaydandaǵıótkizgishler**

         Erkin elektronlarǵa yamasa ionlarǵa iye bolǵan zatlar ótkizgishler dep ataladı,  sepebisırtqı elektr maydan tásirinde elektron yamasa ionlar tártipli háreket etıwı múmkin.

        Eger erkin zaryadlarǵa iye bolǵan ótkizgishsırtqı elektrostatik maydanǵa jaylastırılsa,  elektrostatik kúsh tásirinde, ótkizgishtegi erkin elektronlar maydan kernewliliginiń vektorıge qarama-qarsı tárepke jıljıydı.  Nátiyjede ótkizgishtiń eki tárepinde hár-túrli belgidegi zaryadlar payda boladı:  elektronları artıqsha bolǵan  ushıteris zaryadlanadı,  elektronlar jetispeytuǵın ushı bolsa,  oń zaryadlanadı.  Solay etip,  sırtqı elektrostatik maydan tásirinde,   ótkizgishtegi bar zaryadlardı oń hám terisbetlik zaryadlarǵa ajıratıw hádiysesi elektrostatik indukciya yamasa tásir arqalı zaryadlaw dep ataladı.  Payda bolǵan zaryadlar **indukciyalanǵan zaryadlar** dep ataladı.

         Elektrostatik maydanǵa kiritilgen ótkizgishtegi indukciyalanǵan zaryadlar maydannıń tábiyat kórinisin ózgertedi.  6 - súwrette bir tekli   elektrostatik maydanǵa kiritilgen metall shardıń bul maydandı deformaciyalawısúwretlengen.

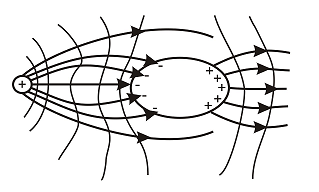


***6- súwret.  Metall shardıń elektrostatik maydandı deformaciyalawı***

7 - súwrette bolsa,  noqatlıq zaryad payda etken elektrostatik maydanǵa kiritilgen ótkizgishtiń bul maydandı qanday deformaciyalawı kórsetilgen.

         Oń hám teris zaryadlar bolyusı payda bolǵanıushın  ekvipotencial sızıqlar ótkizgishsırtqı formasına baylanıslı.  Biraq, ótkizgishke kiretuǵın hám shıǵatuǵın kúsh sızıqlarınıń sanı teń bolǵanı ushın ótkizgish ishiǵdegi zaryadlardıń algebralıq jıyındısınolge teń boladı.

         Sırtqı elektrostatik maydan tásirinde ótkizgishte  zaryadlardıń jılısıwı yamasa keri hám ońbolyustiń payda bolıwı ekvipotencial betler payda bolǵansha dawam etedi.



***7- súwret. Ótkizgishtiń noqatlıqzaryadelektrostatikmaydanındeformaciyalawı***

        Sırtqı elektrostatikmaydannıń kúshsızıqları ótkizgishbetiboyınshaindukciyalanǵanteriszaryadlardatamamlanadı.  Kúshsızıqları taǵı sırtqı ońzaryadlardadawametedi. Biraq, ótkizgish ishiǵde kúsh sızıqları joq bolǵanı ushın ótkizgish ishiǵde elektr maydanı bolmaydı.

         Zaryadlardıń bet boyınsha qayta bólistiriliwi yaǵnıy,  keri hám ońbolyus payda bolıwı,  **elektrostatik indukciya hádiysesi** dep ataladı.

        Ótkizgish ishiǵde elektr maydan bolmawısırtqı  zaryadlardıń teń bólistirilgeninen kelip shıǵadı.  Bul hal elektrostatik qorǵaw yamasa **zatlardıń ekranlaw jumısı** dep ataladı.  Sırtqı zaryadlardıń bar ekenligi ótkizgish ishinde maydan bolmawına sebep boladı,  yaǵnıy sırtqı elektr maydan tásirin joqqa shıǵaradı.

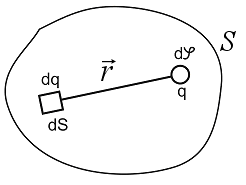
**4.   Elektrsıyımlılıǵı**

         Jekkelengenótkizgishzaryadlansa, ótkizgishsırtqıformasınaqarap,  hár túrli sırtqızaryad tıǵızlıǵı *G*menenbólistiriledi.  Sol sebepli de ótkizgishhárbirnoqatındaǵısırtqızaryadtıńtıǵızlıǵıótkizgishtegi ulıwma zaryad*q*ǵaproporcionalbolıptabıladı,  yaǵnıy:

     ,                                  (4.1)

bul jerde*k* –ótkizgishbetindegi tekserilip atırǵannoqattıńfunkciyası bolıp, ótkizgishbetinińformasıhámólshemine baylanıslı.

         Zaryadlanǵanótkizgishekvipotencialbetiniń*ф*– potencialınanıqlaw ushın onıń pútkil*S*beti boylapzaryadınanıqlaymız (*8-súwret*).



***8- súwret. dq - zaryadtıń raralıqtaǵıpotencialı***

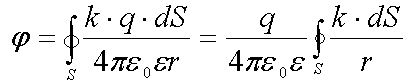
Bul betti,    zaryadǵaiye bolǵan*dS* – elementar betlerge ajıratayıq,  *dq* – dinoqatlıqzaryaddepesaplaymız.

Noqatlıq *dq*zaryadtıń  aralıqtaǵımaydanpotencialıtómendegige teńboladı.

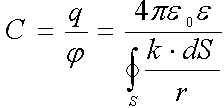
     ,    (4.2)

yamasa     ,    (4.3)

        Bulańlatpapútkilbet boyınshaintegrallansa,  zaryadlanǵanótkizgishbetinińpotencialıańlatpasınaiyebolamız :

,                 (4.4)

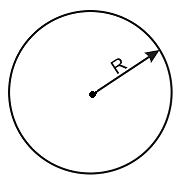
        Ótkizgishtińpotencialıqzaryadǵaproporcionalboladı.Solzaryadtıńpotencialǵaqatnası ózgermeytuǵınshamabolıptabıladı, olótkizgishtińzaryadtoplaw qásiyetin belgileydihám**ótkizgishtińelektrsıyımlılıǵı**depataladı.

,                    (4.5)

        Solay etip,  jekkelengenótkizgishtiń**elektrsıyımlılıǵı**dep, onıńpotencialın bir birlikkeózgertiwushınzárúrbolǵanzaryadǵamuǵdartáreptenteńfizikshamaǵaaytıladı.

**Sharshanıńelektrsıyımlılıǵı**

        Rradiuslıjekkelengenshar*q* – zaryadǵaiye bolsın (*9-súwret*).



***9- súwret.  R radiuslı jekkelengen shar***

Onıń – betindegi potencialı tómendegige teń boladı :

      , bul jerde     ,                 (4.6)

Solay etip,  shardıń *С* – elektr sıyımlılıǵı shardıń radiusına hám ortalıqtıń dielektrik sińiriwshiligi *ε* ge proporcional bolıp tabıladı.

    (4.6) – ańlatpadan ortalıqtıń dielektrik sińiriwshiligin anıqlaymız.

      ,                              (4.7)

Elektr sıyımlılıǵı XB sistemasında Farada menen ólshenedi hám bul birlik kútá úlken ólshem birligi esaplanadı.

*С* = 1 *F* dep esaplasaq,  *ε* = 1 bolǵanda



bul jerde,  vakuumnıń dielektrik sińiriwshilik ańlatpasınan paydalansaq:

ǵa teń boladı.  Bul Ay menen Jer arasındaǵı aralıqqa salıstırmalı 23 ret úlken bolıp tabıladı.

        Farada úlken ólshem birligi bolǵanlıǵı ushın tómendegi kishi birlikler isletiledi:



**Kondensatorlar**

        Elektr sıyımlılıǵınıń formulası tómendegiden ibarat bolǵanı ushın

  ,

sıyımlılıq tiykarınan, ótkizgishtiń forması hám ólshemlerine hámde ortalıqtıń dielektrik sińiriwshiligine proporcional bolıp tabıladı.

        Ámelde,  salıstırmalı kishi ólshemlerine qaramay,  jetkiliklishe zaryadlardı ózinde jıynay alatuǵın apparatlar **kondensatorlar** dep ataladı.

        Kondensator eki parallel ótkizgish qatlamınan ibarat bolıp, olarda qarama-qarsı belgidegi zaryadlar toplanadı. Olar arasında dielektrik zatı boladı.

        Kondensator qatlamları eki tegis plastinkadan, eki koaksial cilindrdan yamasa eki koncentrik sferadan ibarat bolıwı múmkin hám olar formasına qaray **tegis,   cilindrik** yamasa **sferik kondensatorlar** dep ataladı.

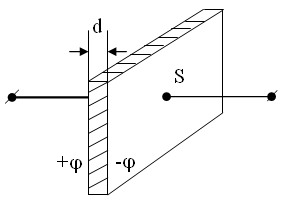
        Ádetde kondensatordaǵı elektr maydan kúsh sızıqları bir qatlamda baslanıp, ekinshisinde tamamlanadı.

        Kondensator sıyımlılıǵı qatlamlardaǵı zaryad muǵdarına tuwrı proporcional hám qatlamlar arasındaǵı potenciallar ayırmasına keri proporcional bolıp tabıladı.

      ,                                (4.8)

**Tegiskondensator**

                  40 - súwretdesúwretlengen.



***10-súwret.  Tegis kondensator***

*S* – betli eki tegis metall plastinkalar arasındaǵı aralıqtı  *d* ǵa teń dep esaplaymız, qatlamlarda bolsa –*q* hám +*q* betlik zaryadları indukciyalanǵan boladı.  Qatlamlar arasındaǵı elektr maydanın bir tekli dep esaplaymız.

         Qatlamlar arasında *ε* dielekrik sińiriwshilikke iye bolǵan zat bolsa,  potenciallar ayırması tómendegige teń boladı:

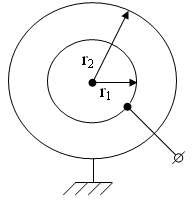
,                          (4.9)

bul jerde  ,  *G* – betlik zaryadı tıǵızlıǵı,  *S* – qatlamlar maydanı.  Nátiyjede,  tegis kondensator sıyımlılıǵı tómendegige teń boladı.

  ,              (4.10)

**Sferik kondensator**

        Qatlamlar radius *r*1 hám *r*2 bolǵan sferik kondensator  41 – súwretde súwretlengen.



***11- súwret.  Sferik kondensator***

Kondensator qatlamlarında *q* zaryad indukciyalanǵan bolǵanda, olar arasındaǵı potenciallar ayırması tómendegishe ańlatıladı:

      ,                   (4.11)

bul jerde *r*1 hám *r*2 ishki hám sırtqı sferik qatlamlar radiusları bolıp tabıladı.  Sol sebepli sıyımlılıq tómendegishe ańlatıladı:

      ,             (4.12)

Egerde *r*2 sırtqı radius hám *r*1 ishki radiusdan kútá úlken bolsa,  (4.12) – ańlatpa ápiwayılasadı :

 ,                          (4.13)

Bul nátiyje sırtqı qatlam sferik bolmaǵanda da orınlı bolǵanı ushın,  (4.13) – ańlatpanı jekkelengen shar sıyımlılıǵı dep esaplanadı.

        Egerde *r*1 - *r*2 = *d* – qatlamlar arasındaǵı aralıq qatlamlardıń ortasha radiusınan júdá kishi bolsa, Sferik kondensatordıń sıyımlılıǵı tómendegishe ańlatıladı:



bul jerde *S* = 4*Пr*2 – qatlamlar sırtqı maydanı bolıp tabıladı.

**Cilindrik kondensator**

          Bul halda kondensatordı radiusları *r*1 (ishki) hám *r*2 (sırtqı) eki koaksial cilindrdan ibarat boladı,  dep esaplaymız.  Cilindrlardıń uzınlıǵı olar arasındaǵı aralıqtan kútá úlken dep esaplanadı.

Qatlamlar arasındaǵı potenciallar ayırması tómendegiden ibarat boladı:

     ,               (4.14)

bul jerde *q* – cilindr uzınlıǵındaǵı zaryad,     - birlik uzınlıqtaǵı zaryad hám  - cilindr uzınlıǵı bolıp tabıladı.

Birlik uzınlıqqa tuwrı keliwshi cilindrik kondensator sıyımlılıǵı tómendegiden ibarat esaplanadı:

      .                        (4.15)

Basqa tárepten,  (4.15) – ańlatpa metal sım bólek ójire qatlamı menen oralǵan kabel' sıyımlılıǵın esletedi.

         Qatlamlar arasındaǵı aralıq d,  cilindrlar radiuslarına salıstırmalı júdá kishi bolsa,  bul halda cilindrik kondensator sıyımlılıǵı tómendegiden ibarat boladı:

    ,                       (4.16)