

**O'zbekistan Respublikasi A'vıl ha'm suw
xojalıg'ı ministrılgı**

**Tashkent ma'mleketlik agrar universiteti
No'kis filiali**

**«Tiller ha'm anıq pa'nler »
kafedrası**

**FIZIKA
pa'ninen lektsiya tekstleri**

No'kis-2015

1. Fizika pa'ni h'aqqında. Materiallıq tochkanın tuwrı sızıqlı qozg'alısı

Joba:

1. Fizika pa'ni. Fizikalıq izertlew usılları, gipoteza, teoriya, a'meliyat.
2. Fizika pa'ninin' basqa pa'nler menen baylanısı. Fizika h'a'm texnika.
3. Fizikalıq shamalar h'a'm olardıń o'lishem birligi.
4. Mexanika h'a'm onın' wazıypaları
5. Materiya, waqıt, ken'islik tu'sinigi, sanaq sisteması. Materiallıq tochka.
6. Materiallıq tochka kinematikası: tezlik, tezleniw, jol.

Tayanış so'z h'a'm tu'sinikler: Fizika, materiya, qozg'alıs, fizikalıq nızam h'a'm h'a'diyse, ta'jriybe, baqlaw, eksperiment, gipoteza, fizikalıq teoriya, fizikalıq model, fizika h'a'm basqa pa'nler, fizika h'a'm texnika, fizikalıq shamalar, tiykarg'ı h'a'm qosımsha o'lishem birlikler. mexanika, kalssikalıq mexanika, mexanikanın' bo'limleri h'a'm olardıń wazıypası, qozg'alıs, materiallıq tochka, orn awıstırıw, traektoriya, jol, waqıt, tezlik, bir zamattag'ı tezlik, ten' o'zgermeli qozg'alıs.

1. Fizika pa'ni. Fizikalıq izertlew usılları, gipoteza, teoriya, a'meliyat.

Fizika grekche «Physis» so'zinen aling'an bolıp, ta'biyat mag'anasin bildiredi. Fizika pa'ni basqa pa'nler sıyaqlı bizdi qorshap turg'an materiallıq du'nyanı-materiyanın' obektiv qa'siyetlerin u'yrenedi.

Materiya tu'sinigi obektiv reallıqtı an'latatug'm filosofiyalıq kategoriya bolıp, bul obektiv reallıqtı insan o'z sezgileri menen qabıllaydı, onnan nusqa aladı h'a'm sa'wlelendiredi. Materiya bizdin' seziw organlarımızg'a baylanıslı bolmag'an h'alda jasadı.

Materiya eki ko'riniste – zat (elementar bo'leksheler-elektron, proton, neytron h'.t.b., atom h'a'm molekular, ionlar, fizik deneler) h'a'm fizikalıq maydanlar (gravitatsion, ku'shli, ku'shsiz, elektronmagnit) ko'rinisinde boladı.

Fizika materiya qozg'alısınun' en' ulıwma ko'rinislerin h'a'm olardıń bir-birine aylanıwların u'yrenedi. Ma'selen, Jer h'a'm aspan denelerinin' barlıg'ı ximiyalıq jaqtan a'piwayı yaqi quramalı bolıwınan qa'ttiy na'zer fizika ashqan pu'tkil du'nyalıq tartılısıw nızamına boysınadı. Ta'biyatta bolatug'm barlıq protsessler fizika anıqlag'an nızamg'a – energıyanın' saqlanıw nızamına boysınadı.

Fizika barlıq ta'biyat pa'nlerinin' tabıslı rawajlanıwı ushın za'ru'r bolg'an izertlew usılların islep shıg'adı h'a'm za'ru'r a'spablar jaratıwg'a imka'n beredi. Ma'selen, mikroskoptın' biologiya pa'ninin' rawajlanıwındağ'ı, spektral analizdin' ximiya, rentgen analizdin' meditsina rawajlanıwındağ'ı, teleskoptın' astronomiyadag'ı a'h'emiyeti u'lken.

Stoletovtın' fotoeffekt h'a'diyse u'stinde alıp barg'an jumısları h'a'zirgi zaman televideniyası h'a'm avtomatikasının' rawajlanıwında ken' qollanıwmaqta. Fizika pa'ninin' awıl xojalıg'ı o'nimlerin islep shıg'arıwdag'ı roli h'a'm u'lken.

Fizikalıq nızamlar ta'jriybelerden aling'an mag'lıwmatlardı ulıwmalastırıw na'tiyjesinde tabıladı. Fizikalıq nızamlar fizikalıq h'a'diyseleler arasındag'ı obektiv ishki baylanıstı h'a'm fizikalıq shamalar arasındag'ı real qatnaslardı sıpatlaydı.

Ta'biyattag'ı bar denelerdin' h'alatın, qa'siyetlerin h'a'm qozg'alısların u'yreniwde h'a'mde olar menen baylanıslı bolg'an protsesslerdi su'wretlewde qoyılg'an maqsettin' a'h'emiyetine ko're fizikada h'a'r qıylı a'piwayılastırılğ'an uqsatıwlardan (modellerden) paydalanıladı, yag'nıy bar obektler olardıń ideallasqan nusqası-modeli menen almasırladı. Usı maqsette fizikanın' mexanika bo'liminde materiallıq tochka, absolyut qattı dene, u'zliksiz ortalıq dep atalatug'm mexanikalıq uqsatıwlardan (modellerden) paydalanıladı.

U'yrenilip atırg'an sharayatta geometriyalıq o'lishemleri h'a'm forması esapqa alınbaytug'in h'a'mde massası bir tochkag'a toplang'an dep qaralaturug'in h'a'r qanday dene materiallıq tochka dep ataladı. Materiallıq tochka tu'sinigi ilimiy abstraksiya esaplanadı. Bul tu'sinikti kiritkende biz tiykarg'ı itibardı u'yrenilip atırg'an h'a'diysenin' bas ma'nisin anıqlap beriwshi ta'replerge qaratıp, basqa qa'siyetlerin (denenin' geometriyalıq o'lishemleri, quramı, ishki h'alatı) inabatqa almaymız. Fizika pa'ninde tek bir g'ana dene u'yrenilmesten, bir neshe deneler toplamı da u'yreniledi. Bul denelerdi materiallıq tochkalar toplamı (sisteması) dep qaraw mumkin. Bir makroskopiyalıq deneni mayda bo'leklerge bo'lip, bul bo'leklerdi o'zara ta'sirlesiwshi materiallıq tochkalar sisteması dep ko'z aldımızg'a keltiriw mumkin.

Absolyut qattı dene dep qa'legen eki tochkası arasındag'ı aralıq onun' qozg'alısı dawamında o'zgermeytug'in denegede aytiladı. Ta'biyatta absolyut qattı denenin' o'zi joq. Bizge belgili h'a'r qanday qattı dene sırtqı ku'sh ta'sirinde deformatsiyalanadı, yag'niy geometriyalıq o'lishemleri, forması qandayda bir da'rejede o'zgeredi. Biraq qoyılğ'an ma'selenin' a'h'miyetine qarap ko'p h'allarda deformatsiya na'tiyjesinde bolaturug'in o'zgerislerdi esapqa almasada boladı. Absolyut qattı dene h'a'r qanday makroskopik dene sıyaqlı bir-biri menen qattı baylanısqa materiallıq tochkalar sistemasınan ibarat dep qaraladı.

Suyıqlıqlarda, gazlarda denelerdin' qozg'alısın h'a'm de ten'salmaqlıg'ın u'yreniwde u'zliksiz ortalıq tu'sinigi qollanıladı. Bizge belgili, h'a'r qanday materiallıq dene atom h'a'm molekullardan quralğ'an bolıp, diskret du'ziliske iye. Biraq ma'seleni a'piwayılastırıw maqsetinde zattı u'zliksiz ortalıq dep qarap, onun' atom h'a'm molekullardan du'zilgenligi itibarg'a alınbaydı.

Denelerdin' qozg'alıs nızamların u'yreniwde ken'islik h'a'm waqıt tu'siniklerin anıq ko'z aldımızg'a keltiriw u'lken a'h'miyetke iye. Bizge belgili, barlıq materiallıq deneler ko'lemge iye bolğ'anlıqları ushın olar belgili orındı iyeleydi h'a'm bir-birlerine salıstırg'anda qandayda bir jag'dayda jaylasqa boladı. Dene o'z qozg'alısı na'tiyjesinde h'alatların(ornların) o'zgeredi. Bul o'zgeris, ta'biyiy tu'rde, ken'islikte bolıp o'tedi h'a'm ma'lim waqıt aralıg'ında a'melge asadı. Ha'r qanday mexanikalıq protsess bazı bir waqıt aralıg'ında ken'islikte bolıp o'tedi. Waqıt-h'a'diyselerdin' izbe-iz o'zgeris ta'rtibin an'lataturug'in fizikalıq shama. Deneler qozg'alısın ken'islik h'a'm waqıttan ajratılğan h'alda ko'z aldımızg'a keltiriw bolmaydı.

Qozg'alıstın' kinematikalıq sıpatlaması degende denenin' qa'legen waqıtta ken'isliktegi h'alatın basqa bazı bir denegede salıstırg'anda anıqlaw tu'siniledi.

Qa'legen momentte denenin' ken'isliktegi h'alatın anıqlawda qollanılaturug'in waqıtta o'lishewshi a'spab (ma'selen,saat) h'a'm sanaq bası(O tochka) menen baylanıslı koordinatalar sisteması sanaq sisteması delinedi.

Fizikalıq h'a'diyselerdi u'yreniw ta'jriybe tiykarında baslanadı. Ha'diyselerdi ta'biyiy sharayatlarda u'yreniw tiykarında ta'jriybe arttırıw- baqlaw dep, h'a'diyselerdi jasalma sharayatta, yag'niy laboratoriya sharayatlarında a'melge asırıw ta'jriybe o'tkeriwdi bolsa eksperiment dep ataymız. A'llette, eksperiment baqlawg'a salıstırg'anda bir qatar jetilisenliklerge iye. Birinshiden, eksperimentte mag'lıwmat alıw ushın sarıplanaturug'in waqıtta tejew mumkin. Ma'selen, ta'biyiy sharayatlarda bazı bir h'a'diyse bolıwı ushın bir neshe sutkalap, h'a'tteki aylap ku'tiwge tuwra keledi. Laboratoriyalarda bolsa bul h'a'diyseni qa'legen waqıtta a'melge asırıw mu'mkin. Ekinshiden, ta'biy sharayatlarda a'melge asıp atırg'an ta'jriybede h'a'diysege bir neshe faktorların' ta'siri boladı. Laboratoriyada bolsa jasalma ra'wishte sonday sharayatlar jaratıw mu'mkin, na'tiyjede faktorlardan tek birinin' o'zgerisi h'a'diysenin' o'tiw protsessine qanday ta'sir ko'rsetiwın tekseriw imka'niyatı tuwıladı. Basqasha etip aytqanda, eksperimentte "tazaraq sharayatlar" jaratıw mumkin. Bul bolsa ta'jriybede anıqlanıw atırg'an shamalardı anıg'ıraq o'lishewge imka'niyat jaratadı.

Ulıwma, ta'jriybe degende faktardı anıqlaw g'ana emes, ba'lki faktardı sistemag'a keltiriw, h'a'diyse yaki protsessti xarakterlewshi fizikalıq shamalar arasındag'ı baylanıstı sapa, mug'dar jag'man anıqlawdı tu'siniw lazım.

Ta'jriybelerde jıynalg'an mag'lıwmatlar h'a'diyseni tu'sindiriw ushın gipotezalar jaratıwıg'a tiykar bolıp xızmet etedi. Gipotezanı logikalıq rawajlandırıw na'tiyjesinde payda

bolatug'ın juwmaqlar ta'jriybelerde tastıyqlanbasa, bunday gipoteza sınavdan o'tpegen, yag'nıy qa'te gipoteza esaplanadı.

Kerisinshe, gipotezadan kelip shıg'ıwshı na'tiyjeler ta'jriybelerde tastıyqlang'an jag'dayda gipoteza fizikalıq teoriyag'a aylanadı. Fizikalıq teoriya bir tarawdag'ı bir qatar h'a'diyselerdi, olardıń mexanizmlerin h'a'm nızamlılıqların tu'sindire alıwı kerek. Bunnan tisqari, fizikalıq teoriya ushraspag'an jan'a h'a'diyselerdi aldınnan aytıp bere alıw mu'mkinshiligine iye bolıw kerek. Eger bul jan'a h'a'diyseler ta'jriybede esapqa alınsa, teoriya ja'ne sınavdan o'tken boladı.

2. Fizika pa'ninin' basqa pa'nler menen baylanısı. Fizika h'a'm texnika.

Fizika bizin' eramızdan aldınraq payda bolg'an pa'n, usı waqıtta onın' quramına h'a'zir ximiya, astronomiya, biologiya, geologiya dep atama alg'an bir qatar ta'biyiy pa'nler h'a'm kirgen. Keyinshelik, olar g'a'resiz pa'nler da'rejesinde payda bolg'an. Ulıwma, fizika h'a'm basqa ta'biyiy pa'nler arasında keskin shegara joq. Bul so'zlerdin' da'liyli sıpatında ximiyalıq fizika, geofizika, biofizika sıyaqlı birlesken pa'nlerdin' payda bolıwın ko'rsetiw mumkin. Basqacha etip aytg'anda, fizikanı barlıq ta'biyiy pa'nlerdin' fundamenti dep esaplaw mumkin. Sonın' ushın Abu Rayxan Beruniy h'a'm Abu Ali ibn Sino sıyaqlı ullı alımlarımızdın' ilimiy miyraslarında fizikag'a tiyisli bir qansha original pikirler tabılıp atır.

Fizikanın' h'a'm texnikanın' rawajlanıwı o'zara tıg'ız baylanıslı. A'jayıp fizikalıq jan'alıqlar erteme-keshpe texnikada u'lken o'zgerisler jasadı. Ma'selen, elektromagnit tolqınlar dı tarqatıw h'a'm esapqa alıw, yag'nıy radiobaylanıstın' payda bolıwı radiotexnikanı rawajlandırdı. Ekinshi mısıl, neytronlar h'a'm olar ta'sirinde awır yadrolardıń bo'liniwinin' ashılıwı yadrolıq energetikag'a tiykar saldı. O'z gezeginde texnikanın' rawajlanıwı fizikanın' rawajlanıwın ku'sheytıwshı tiykarg'ı sebeptin' biri. Birinshiden, texnika fizika pa'ni aldına jan'a wazıypalar qoyadı. Ekinshiden fiziklerdi jan'a materiallar, anıg'ıraq a'spablar h'a'm qurılmalar menen ta'miynleydi. Ma'selen, h'a'zirgi waqıtta yadrolıq izertlewlerdi zamanago'y texnikanın' rawajlanıwın o'zinde toplag'an qurılmalarsız (yadrolıq reaktor, sinxrofazatron, yarımotkizgishli mikrosxemalar, elektron-esaplaw mashinalar) ko'z aldımızg'a keltirip bolmaydı. A'llette, fizika pa'ni erisip atırg'an utıslar filosofiyalıq du'nyaqaraslardı da rawajlandıradı.

Pa'nnin' rawajlanıwı menen ta'biyatta bolıp o'tiwshı h'a'diyselerdin' ma'nisin an'lawda insan bilimi bayıp baradı. Ta'biyiy pa'nlerge, a'sirese fizikag'a, juwmaqlang'an pa'n dep qaraw mumkin emes. Fizika pa'ni u'zliksiz rawajlanıp baradı, bul rawajlanıw protsessinde fizikalıq tu'sinikler, nızamlılıqlar bayıdı h'a'm teren'lesedi. Materiya du'zilisi h'aqqındag'ı bazı bir fizikalıq ko'zqarası juwmaqlang'an dep esaplaw mumkin emes.

Fizikalıq ko'zqaraslar obektiv reallıqtan shama menen aling'an nusqa (kopiya) bolıp, olar ko'p qırlı h'aqıyqattın' ayırım basqıshların sa'wlelendiredi.

Sonın' ushın dialektik materializm pozitsiyasınan fizika utıslarına jaqınlasıw "krizis"lerdi joq etedi h'a'm pa'nnin' rawajlanıwına ja'rdemlesedi. O'z gezeginde, fizikanın' utısları dialektik materializmnin' rawajlanıwına u'lken g'ana u'lesin qostı. Fizika pa'ninin' rawajlanıwı basqa pa'nlerdin' rawajlanıwına da u'les qosıp atır. Ma'selen, ximiya h'a'm biologiya pa'nlerinde aqırg'ı ashılğ'an jan'alıqlardıń ko'pshiligi teoriyalıq h'a'm eksperimental fizika metodlarına su'yengen h'alda a'melge asıp atır. Sonın' ushın h'a'm S.İ. Vavilov fizikanı zamanago'y pa'nnin' "shtabi" dep atag'an.

3. Fizikalıq shamalar h'a'm olardıń o'lsheń birligi

1960 jıl oktyabrde fizikalıq shamalardıń Xalıqara Sisteması qabıl etildi. 1961 jıldın' 24-avgustinde «Sistema İnternatsionalnaya» so'zlerinin' bas h'a'ripleri boyınsha Sİ ta'rizde belgilengen birlikler sisteması tastıyqlandı. Sİ da jeti tiykarg'ı birlik h'a'm eki qosımsha birlik qabıl etilgen.

➤ Tiykarg'ı birlikler:

❖ Uzunlik, metr (m). Kripton-86 atomının $2r_{10}$ h'a'm $5d_5$ qa'ddileri arasındag'ı o'tiwge sa'ykes bolg'an nurlanıwdın' vakkumdag'ı tolqın uzunlıg'ınan 1650763,73 ma'rte u'lken bolg'an uzunlıq 1 metr dep qabil etilgen.

❖ Massa, kilogramm (kg). Kilogramnın' xalıqara prototipinin' massası 1 kilogram dep qabil etilgen.

❖ Waqıt, sekund (s). Tseziy-133 atomının' tiykarg'ı h'alatının' eki ju'da' na'zik qa'ddileri arasındag'ı o'tiwge sa'ykes bolg'an nurlanıw periodınan 9192631770 ma'rte u'lken waqıt 1 sekund dep qabil etilgen.

❖ Elektr togının' ku'shi, Amper (A). Vakkumda bir-birinen bir metr aralıqta jaylasqan eki parallel sheksiz uzın, biraq kesimi ju'da' kishi tuwrı o'tkizgishlerden bir amper tok o'tkende o'tkizgishlerdin' h'a'r bir metr uzunlıg'ına $2 \cdot 10^{-7}$ N Amper ku'shi ta'sir qıladı.

❖ Termodinamikalıq temperatura, Kelvin (K). Suwdın' u'shlik tochkasın xarakterlewshi termodinamikalıq temperaturanın' $1/273,15$ u'lesi 1 Kelvin dep qabil etilgen.

❖ Zat mug'dari, Mol (Mol). Uglerod-12 nın' 0,012 kg massasındag'ı zattın' mug'dari 1 mol dep qabil etilgen.

❖ Jaqtılıq ku'shi, kandela (kd). $540 \cdot 10^{12}$ Gts jiyilikli monoxromatik nurlanıw shıg'arıp atırg'an derek jaqtılıg'ının' energetikalıq ku'shi $1/683$ Vt/Sr g'a ten' bolg'an bag'ıttag'ı jaqtılıq ku'shi 1 kandela dep qabil etilgen.

➤ qosımsha birlikler:

❖ Tegis mu'yesh, radian (rad). Shen'berde uzunlıg'ı radiusg'a ten' bolg'an dog'anı ajratatug'm eki radius arasındag'ı mu'yesh 1 radian dep qabil etiledi.

❖ Ken'islikli mu'yesh, steradian (sr). Ushı sfera orayında jaylasqan h'a'm usı sfera betinen radius kvadratına ten' madanlı betti ajratıwshı ken'islikli mu'yesh 1 steradian dep qabil etilgen.

4. Mexanika h'a'm onın' waziypaları

Mexanika – fizikanın' bir bo'limi bolıp, materiya h'a'reketinin' en' a'piwayı h'a'm en' ulıwmalıq formaların u'yrenedi, ol denelerdin' yaki deneler bo'leklerinin' ken'islikte bir-birine salıstırg'anda orın awıstırıwın sıpatlawshı mexanikalıq qozg'alıs h'aqqındag'ı ta'liymat bolıp tabıladı.

Mexanikanın' pa'n sıpatında rawajlanıwı bizin' eramızdan aldın'g'ı III a'sirlerge barıp taqaladı. Usı da'wirdegi a'yemgi grek alımı Arximed (287-212 eramızdan aldın'g'ı jıllar) ta'repinen rıchagtn' ten'salmaqlıq nızamının' u'yreniliwi onın' mexanika pa'ninin' rawajlanıwına qosqan da'slepki u'lesi dep qaraw mumkin. Mexanikanın' tiykarg'ı nızamların İtaliya alımı G.Galiley (1564-1642) anıqlag'an bolsa, ingliz alımı İ.Nyuton (1643-1727) bul nızamlardı u'zil-kesil ta'riyplep berdi h'a'm fundamental nızam sıpatında jetilistirdi.

Galiley h'a'm Nyuton mexanikası klassikalıq mexanika dep aytıladı h'a'm jaqtılıq tezligine qarag'anda bir qansha kishi tezliklerde qozg'alatug'm makroskopik denelerdin' qozg'alıs nızamların u'yrenedi.

Jaqtılıq tezligine jaqın tezliklerde qozg'alıwshı makroskopik denelerdin' qozg'alıs nızamların A.Eynshteyn (1879-1955) ashqan salıstırmalıq teoriyası u'yrenedi. Mikroskopik denelerdin' (atomlar h'a'm elementar bo'leksheler) qozg'alıs nızamlarına kelsek, bulardı klassikalıq mexanika tu'sindire almaydı. Olardı kvant mexanikası u'yrenedi.

Mexanika to'mendegi u'sh bo'limdi o'z ishine aladı: kinematika, dinamika h'a'm statika.

Kinematika – denelerdin' qozg'alısın onı payda etken sebeplerge qarap emes, al olardın' qozg'alısı dawamında qaldırg'an izlerine (traektoriyasına) qarap u'yrenedi.

Dinamika – denelerdin' qozg'alıs nızamların onı payda etken sebeplerge qarap, yag'nıy ku'sh ta'sirinde deneler qozg'alısın u'yrenedi.

Statika - deneler sistemasının ten'salmaqlıq nızamların u'yrenedi. Eger denelerdin' qozg'alis nızamları ma'lim bolsa, onda ten'salmaqlıq nızamlarında anıqlaw mu'mkin.

5. Materiya, waqıt, ken'islik tu'sinigi, sanaq sisteması. Materiallıq tochka.

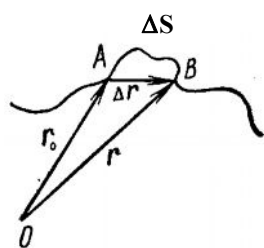
Materiyanın ken'isliktegi h'a'r qanday o'zgerisine qozg'alis delinedi. Materiya qozg'alisının en' a'piwayı tu'ri mexanik qozg'alis bolıp, ol deneler yaki dene bo'leklerinin ken'islikte bir-birine salıstırğ'anda jiljwin sıpatlaydı. Mexanikalıq qozg'alıstı ken'islik h'a'm waqıttan ajratılğan h'alda ko'z aldımızg'a keltirip bolmaydı, sebebi h'a'r qanday h'a'diyse ken'isliktin' qanday da bir ornında h'a'm qanday da bir waqıtta bolıp o'tedi.

Qozg'alısı izertlenip atırğ'an denenin' turli momentlerde ken'isliktegi h'alatların anıqlaw ushın sanaq sisteması qabil etiledi. Ha'r bir qozg'alis bazı bir sanaq sistemasına salıstırğ'anda qaralwı kerek. Bazı bir deneni ılaqtırıp, onın' u'ye salıstırğ'andag'ı qozg'alısın ko'rsek, bul h'alda u'y sanaq denesin quraydı. Sanaq sisteması ushın ja'ne saat mexanizmi h'a'm koordinata sisteması alınadı. Koordinata sisteması sonday tan'lap alınadı, bunda onın' baslang'ısh tochkası dene qozg'alısının' izertlene baslaw tochkasına tuwrı keliwi kerek.

Materiallıq tochka degende, forması, o'lshemi h'a'm du'zilisi ko'rilip atırğ'an ma'sele ushın ah'miyetke iye bolmag'an, biraq ma'lim massag'a iye bolg'an dene tu'siniledi.

6. Materiallıq tochka kinematikası: tezlik, tezleniw, jol.

Qozg'alıstag'ı materiallıq tochkanın' qaldırğ'an izi *traektoriya* dep ataladı. Eger traektoriya tuwrı sıızıqtan ibarat bolsa, *qozg'alis tuwrı sıızıqlı*, traektoriya iymek sıızıqtan ibarat bolsa, *qozg'alis iymek sıızıqlı* dep ataladı.



Qa'legen traektoriya boylap qozg'alıstag'ı materiallıq tochkanı baqlayıq. Baqlawdı materiallıq tochkanın' A tochkadag'ı h'alatınan baslaymız.

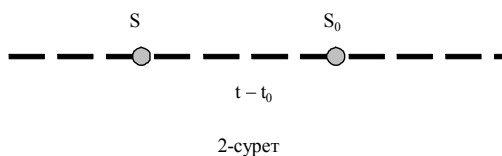
Bazı bir Δt waqıttan keyin materiallıq tochka V tochkag'a jetip kelsin, ol ΔS joldı o'tedi (1-su'wret). Materiallıq tochkanın' baslang'ısh (A) h'a'm aqırğ'ı (V) h'alatların sıpatlawshı r h'a'm r_0 radius vektorlardın' ayırmasına ten' vektorlıq shama

$$\vec{r} - \vec{r}_0 = \Delta \vec{r}$$

1 – cyyper.

materiallıq tochkanın' *orin awıstırwı* dep ataladı.

Materiallıq tochkanın' qozg'alısı dawamında qaldırğ'an izi tuwrı sıızıq bolıp, ten'dey waqıtlar ishinde ten'dey jollardı o'tse, qozg'alis tuwrı sıızıqlı ten' o'lshewli qozg'alis dep ataladı. Deneler ten' waqıtlar aralıqlarında h'a'r qıylı jollardı basıp o'tiwleri mumkin. Qozg'alıslar arasındag'ı bul pariqtı karakterlew ushın tezlik tu'sinigi kiritiledi.



Waqıt birligi ishinde basıp o'tilgen jol menen an'latulatug'in fizikalıq shamag'a tezlik delinedi.

Eger dene $t-t_0$ waqıt ishinde $S-S_0$ joldı basıp o'tse, (2-su'wret) tezliktin' matematikalıq an'latpası:

$$V = \frac{S - S_0}{t - t_0} \quad (1)$$

ko'riniste boladı

Eger $S_0 = 0$ h'a'm $t_0 = 0$ bolsa,

$$V = \frac{S}{t} \quad (2)$$

Materialliq tochkanın tezligi vektor shama bolıp, SI birlikler sistemasında m/s (metr/sekund) da o'lishenedi.

Qozg'alistin' bir zamattag'ı tezligin xarakterlew ushin waqıttı sonday kishireytip baramız. na'tiyjede ortasha tezlik bir zamattag'ı tezlikke jaqınlasıp baradı, yag'niy

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta S}{\Delta t} \right) = \frac{dS}{dt}; \quad V = \frac{dS}{dt} \quad (3)$$

3-ten'likten ko'rinip tur, tezliktin' san ma'nisi joldan waqıt boyınsha aling'an birinshi tartipli tuwindı menen an'latılar eken.

Dene qozg'alısınin' tezligi ten' waqıt aralıqlarında birdey (Δv) mug'darg'a o'zgerip baratug'in qozg'alısqa ten' o'zgermeli qozg'alıs delinedi. Bunday qozg'alıs ten' tezleniwshi h'a'm ten' a'steleniwshi qozg'alıslarg'a bo'linedi. Eger materialliq tochka tezligi $t - t_0$ waqıt dawamında $V - V_0$ ge o'zgerse, dene alg'an tezleniw: $a = \frac{V - V_0}{t - t_0}$ menen an'latıladi. $t_0 = 0$ h'a'm

$V_0 = 0$ ushin materialliq tochka tezleniwi

$$a = \frac{g}{t} \quad (4)$$

ge ten' boladı h'a'm m/s^2 da o'lishenedi. Materialliq tochkanın' iqtıyariy waqıttag'ı tezligi

$$V = V_0 + at \quad (5)$$

basıp o'tilgen jol uzınlıg'ı

$$S = V_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (6)$$

formula menen anıqlanadı. Eger 6 ten'likte $V_0 = 0$ bolsa,

$$S = \frac{at^2}{2} \quad (w)$$

boladı. Jol menen tezlik arasındag'ı baylanıs:

$$S = \frac{V^2 - V_0^2}{2a} \quad (8)$$

yaki

$$V^2 = V_0^2 + 2aS \quad (9)$$

formulalar menen an'latıladi.

Bekkemlew ushin sorawlar:

1. Fizika pa'ni neni u'yrenedi?
2. Materiya tu'rlerine misallar keltirin'.
3. Fizika pa'ni utıslarınin' basqa pa'nler rawajlanıwına ta'siri h'aqqında aytıp berin'.
4. Xalıqara birlikler sistemasındag'ı tiykarıg'ı fizikalıq shamalar nelerden ibarat?
5. Mexanika h'a'm onın' wazıypaları?
6. Mexanika qanday bo'limlerge bo'linedi?
7. Mexanikalıq qozg'alıs dep qanday qozg'alısqa aytiladı?
9. Waqıt h'a'm ken'islik tu'sinigi neden ibarat?
9. Tuwrı sıziqlı ten' o'lishewli qozg'alısta tezlik, tezleniw dep nege aytiladı?
10. Tuwrı sıziqlı ten' o'zgermeli qozg'alıstı tu'sindirip berin'.

2. Dinamikanın' tiykarıg'ı nızamları

Joba:

1. Dinamikanın' tiykarıg'ı wazıypası. Klassikalıq mexanikada h'alat tu'sinigi.
2. Nyutonın' birinshi nızamı.

3. Nyutonning' ekinshi nizamı.
4. Nyutonning' u'shinshi nizamı.
5. Massa orayı. Massa orayının' qozg'alısı h' aqqındag' ı teorema.
6. Qozg'alıs mug'darının' saqlanıw nizamı.

Tayanış so'z h'a'm tu'sinikler: *Massa h'a'm onun' birligi, ku'sh h'a'm onun' birligi, awırlıq ku'shi, erkin dene, inertlilik, inertsiya, inertsial sanaq sistemasi, Nyutonning' birinshi nizamı, dinamikanın' tiykarg'ı nizamı, impuls, ta'sir, keri ta'sir, Nyutonning' u'shinchi nizamı, massa orayı, awırlıq orayı.*

1. Dinamikanın' tiykarg'ı wazıypası. Klassikalıq mexanikada h' alat tu'sinigi.

Mexikanın' kinematika bo'liminde qozg'alıs nizamların u'yreniw, bul qozg'alıslardı ju'zege keltirgen sebepler menen baylanıslı bolmag'an h' alda alıp barıladı. Mexikanın' dinamika bo'liminde bolsa denelerdin' qozg'alısı usı qozg'alıstı ju'zege keltiriwshi sebepler menen baylanıslı h' alda u'yreniledi. Dinamikanın' wazıypası tiykarınan to'mendegilerden ibarat:

- 1) dene qozg'alısı ma'lim bolsa, og'an ta'sir etiwshi ku'shti anıqlaw;
- 2) denege ta'sir etiwshi ku'sh ma'lim bolg'an jag'dayda qozg'alıs nizamın anıqlaw.

Ta'jriybe sol na'rseni ko'rsetedi, ku'sh ta'sirinde denelerdin' tezligi o'zgeredi, yag'nıy olar tezleniw aladı. Qozg'alıs protsessinde materiallıq tochkanın' (yaki materiallıq tochkalar sistemasi) koordinataları, yag'nıy radius-vektori o'zgeredi.

Ta'jriybe sonı ko'rsetedi, materiallıq tochkanın' berilgen waqıttag'ı h' alatı radius-vektori r h'a'm tezligi V menen, yag'nıy onun' x, y, z koordinataları h'a'mde koordinata ko'sherleri boyınsha tezliktin' proektsiyaları V_x, V_y, V_z menen anıqlanadı. N materiallıq tochkadan ibarat sistemanın' berilgen waqıttag'ı h' alatı sistemadag'ı materiallıq tochkalardıń radius - vektorları r_1, r_2, \dots, r_N h'a'm olardıń tezlikleri V_1, V_2, \dots, V_N menen an'latıladı. Demek, h'a'r bir materiallıq tochkanın' h' alatı bir-birine baylanıslı bolmag'an eki shama, r h'a'm V menen anıqlanadı.

Dene inertliginin' o'lishemi massa dep ataladı. Demek, denenin' massası qansha u'lken bolsa, onun' inertligi h'a'm sonsha u'lken boladı. Massa denenin' en' tiykarg'ı qa'siyetlerinen biri.

Ta'jriyelerdin' ko'rsetiwinshe formaları birdey, massaları bolsa m_1 h'a'm m_2 bolg'an denelerdin' h'a'r birine birdey sırtqı ku'sh penen ta'sir etsek, olar alg'an tezleniwler (a_1 h'a'm a_2) usı denelerdin' massalarına keri proporsional boladı, yag'nıy

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

Ha'r qanday denenin' massası etalon sıpatında qabıl etilgen dene massası menen salıstırıw arqalı o'lishenedi. Bul usılda denelerdin' erkin tu'siw nizamınan paydalanıladı. Erkin tu'siw bolsa denelerge Jerdin' tartıw ku'shi ta'sirinin' na'tiyjesi. Jer ju'zinin' h'a'r bir tochkası ushın denelerdin' erkin tu'siwidegi tezleniwi turaqlı shama bolıp, $g=9,8 \text{ m/s}^2$ g'a ten' h'a'm massası m bolg'an denege $R = mg$ shamadag'ı ku'sh ta'sir etedi. Tarezi pa'llesine qoyılğ'an dene pa'lleni awırlıq ku'shine ten' ku'sh penen basadı. Sol sebepli eki dene massaların' qatnası olardıń awırlıqların' qatnasında boladı:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{P_1}{P_2}$$

Dene massası skalyar shama bolıp, onun' awırlıg'ı bolsa vektor shama. Bul vektor erkin tu'siw tezleniwi bag'ıtında Jerdin' orayına qarap bag'ıtlang'an.

Ta'jriyelerdin' ko'rsetiwinshe, massa additiv shama, yag'nıy dene massası onun' bo'leklerinin' massaların' jıyındısına ten'. Mexanikalıq sistemanın' massası sistemanın' quramına keriwshi barlıq deneler massaların' jıyındısına ten'.

Denege basqa deneler ta'sir etpese ol erkin dene delinedi. Biraq ta'biyatta erkin deneler joq, sebebi ta'biyiy sharayatta h'a'r qanday dene basqa deneler ta'sirinde boladı.

Nyutonning' birinshi nizamın qanaatlandırıtug'ın sanaq sistemaları inertsiyal sanaq sistemaları delinedi. Basqacha aytqanda, inertsiyal sanaq sisteması dep sonday sanaq sistemasına aytladı, onda erkin dene tınısh h'alatta boladı yaqı turaqlı tezlik penen tuwrı sızıqlı qozg'alısta boladı. Bunnan sonday juwmaq shıg'adı, eger bazı bir inertsiyal sistemasın tan'lap alg'an bolsaq, ol h'alda og'an salıstırg'anda tuwrı sızıqlı ten' o'lsheqli qozg'alısta bolg'an basqa sanaq sistemaları h'a'm inertsiyal sanaq sisteması boladı.

2. Nyutonning' birinshi nizamı.

İngliz fizigi İsaak Nyutonning' "Natural filosofıyanın' matematikalıq tiykarları" (1687 j.) degen miynetinde dinamika nızamları bayan etilgen.

Eger deneye basqa deneler ta'sir etpese, o'zinin' tınıshlıqtıg'ı h'alatın yaqı qozg'alıstıg'ı h'alatın saqlaydı.

Deneni tınısh yaqı qozg'alıstıg'ı h'alatın sırtqı ku'shler ta'sir etpegende saqlaw qa'siyeti, denenin' inertligi delinedi. Sonın' ushın da Nyutonning' I nizamın inertsiya nizamı dep te aytladı. Nyutonning' birinshi nizamınnı durıslıg'ı ta'jriyebelerden aling'an na'tiyjelerdi ulıwmalastırıwdan kelip shıg'adı.

Nyuton nızamları orınlanıtug'ın sistema inertsiyal sanaq sisteması delinedi. Bul sistema basqa inertsiyal sistemag'a salıstırg'anda tınısh h'alatta yaqı tuwrı sızıqlı ten' o'lsheqli qozg'alısta bolıwı kerek. Koordinata bası Quyashta, ko'sherleri juldızlarg'a qarap ketgen geliotsentrik sistema inertsiyal sanaq sisteması boladı. Bul sistemada Nyutonning' birinshi nizamı anıq orınlanadı.

Ta'jriyebelerden bizge belgili, turaqlı ku'sh ta'sirinde turli deneler tu'rlishe tezleniwler aladı. Deneler alg'an tezleniw denenin' qa'siyetine (onın' massasına) baylanıslı boladı.

3. Nyutonning' ekinshi nizamı

Denenin' massası- materiya qa'siyetin xarakterlewshi fizikalıq shama bolıp, ol denenin' inertligi h'a'm gravitatsion qa'siyetin an'latadı. Dene tezligin o'zgerıp, og'an tezleniw beretug'ın vektor shamag'a ku'sh delinedi.

Materiallıq tochkanın' mexanikalıq qozg'alısınnı sırtqı ku'shler ta'sirinde qanday o'zgeriwı dinamikanın' tiykarıg'ı - ekinshi nizamında bayan etiledi. Qa'legen bazı bir deneye F_1, F_2, \dots ku'shler ta'sir etse, bul ku'shler ta'sirinde dene sa'ykes ra'wishte a_1, a_2, \dots , tezleniwler aladı. Biraq $F_1/a_1 = F_2/a_2 = \dots = \text{sonst}$ bolıp, bul shama dene inertligin an'latadı. Eger turli ku'shler bazı bir deneye ta'sir etse, dene alg'an tezleniw ku'shlerdin' ten' ta'sir etiwshisine tuwrı proporsional boladı, yag'nıy

$$a \sim F \quad (m = \text{sonst}) \quad (1)$$

Eger turli massalı denelerga birdey ku'sh ta'sir etse, deneler alg'an tezleniwler tu'rlishe boladı. Deneler massaları qansha u'lken bolsa, olar alg'an tezleniwler sonsha kishi boladı.

$$a \approx \frac{1}{m} \quad (2)$$

1 h'a'm 2 ten'liklerden

$$a = k \frac{F}{m} \quad (3)$$

jazamız. 3-ten'lik Nyutonning' ekinshi nizamın an'latadı. Bul an'latpaga muwapıq, denenin' alg'an tezleniwı ku'shke tuwrı, dene massasına keri proporsional boladı. Nyutonning' ekinshi nizamı inertsiyal sanaq sisteması ushın orınlı boladı. Birinshi nizam Nyutonning' ekinshi nizamınnı dara jag'dayı sıpatında qaraladı. Sistemag'a qoyılğ'an ku'shlerdin' ten' ta'sir etiwshisi nolge ten' bolg'anda, dene alg'an tezleniwde nolge ten' boladı.

Xalıqara birlikler sistemasın(SI)da 3-ten'liktegi proporsionallıq koeffitsenti $k = 1$ bolg'anı ushın

$$a = \frac{F}{m}$$

yaki

$$F = ma = m * \left(\frac{dV}{dt} \right) \quad (4)$$

boladı. Dene massası klassikalıq mexanikada turaqlı bolg'anı ushın 4 - ten'likti:

$$F = \frac{d(mV)}{dt} \quad (5)$$

tu'rinde jazıw mumkin. Materiallıq tochka massasının' tezligine ko'beymesi onun' qozg'alis mug'darin (impulsin) belgileydi, yag'nıy

$$R = mV \quad (6)$$

Bu ten'likti 5-ge qoyıp

$$F = dR/dt \quad (7)$$

ten'ligin payda etemiz. 7-ten'lik Nyutonın' ekinshi nızamının' ulıwma ko'rınisin an'latadı. 7-an'latpa boyınsha denege ta'sir etiwshi ku'sh impulstan waqt boyınsha aling'an birinshi ta'rtpi tuwındıga ten' eken.

4. Nyutonın' u'shinshi nızamı

Nyutonın' III-nızamına muwapıq eki dene arasındag'ı o'zara ta'sir ku'shleri mug'dar jag'ınan ten' bag'ıtı jag'ınan qarama-qarsı boladı, yag'nıy

$$F_1 = -F_2 \quad (8)$$

Ma'selen, massaları m_1 h'a'm m_2 bolg'an turli belgidegi zaryadlang'an eki deneni ko'reyik (1-su'wret). F_1 h'a'm F_2 ku'shler ta'sirinde deneler a_1 h'a'm a_2 tezleniwler aladı. Nyutonın' ekinshi nızamına muwapıq

$$F_1 = m_1 a_1 \quad \text{h'a'm} \quad F_2 = m_2 a_2 \quad (9)$$

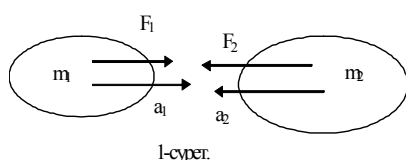
8 h'a'm 9-ten'liklerden

$$m_1 a_1 = -m_2 a_2$$

yaki

$$a_1 = -\frac{m_2 a_2}{m_1},$$

yag'nıy o'zara ta'sirlesiwshi deneler tezleniwleri olardıń massalarına kerı proporsional bolıp, qarama-qarsı ta'repke bag'ıtlang'an boladı.



5. Massa orayı. Massa orayının' qozg'alisı h'aqqındag'ı

teorema

Ko'p jag'daylarda bir neshe deneden (materiallıq tochkalar) ibarat mexanikalıq sistemann' qozg'alis nızamların u'yreniw menen jumıs alıp barıwg'a tuwra keledi. Bunday sistemann' qozg'alis nızamların u'yreniwde usı sistema quramındag'ı denelerdin' onda qanday bo'listirilgenligin yaki bul deneler bir-birine salıstırg'anda sistemada qanday jaylasqanlıg'ın biliw za'ru'rliğı tuwıladı. Usı sebep penen inertsiya orayı (massa orayı) degen tu'sinik (inertsiya orayı h'a'm massa orayı atamaları bir ma'niste qollanıladı, sebebi denenin' massası onın' inertsiyasının' o'lishemi) kiritiledi.

Inertsiya orayı h'a'm awırlıq orayı degen tu'sinikler arasında to'mendegishe parıq barlıg'ın esten shıg'armaw kerek: awırlıq orayı-bir tekli awırlıq ku'shi maydanında jaylasqan qattı deneler ushın g'ana ma'niske iye; inertsiya orayı bolsa h'ech qanday maydan menen baylanıslı emes h'a'm qa'legen mexanikalıq sistema ushın orınlı. Awırlıq ku'shi maydanında jaylasqan qattı deneler ushın inertsiya orayı h'a'm awırlıq orayı bir-biri menen sa'ykes tu'sedi, yag'nıy bir tochkada jaylasqan boladı. Inertsiya orayı massanın' bo'listiriliwin su'wretlewshi geometriyalıq tochka bolıp, onın' ornı koordinatalar basına salıstırg'anda \vec{r}_c radius-vektor menen to'mendegishe anıqlanıadı.

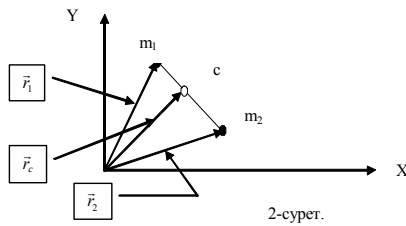
$$\vec{r}_c = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots + m_n \vec{r}_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n},$$

yag'niy:

$$\vec{r}_c = \frac{1}{m} \sum_i m_i \vec{r}_i, \quad (10)$$

bunda m_i - sistemag'a tiyisli i -denenin' massası; r_i - koordinatalar basına salıstırg'anda i -denenin' h'alatın anıqlawshı radius-vektor; $m = m_1 + m_2 + \dots + m_n$ - sistemanın' ulıwma massası.

A'piwayılastırıw maqsetinde eki denedan ibarat sistemani alıp qarayıq (2-su'wret). Massaları m_1 h'a'm m_2 bolg'an denelerdin' orınları koordinata basına salıstırg'anda sa'ykes ra'wishte r_1 h'a'm r_2 radius-vektorlar menen berilgen bolsa, bul eki deneden ibarat sistemanın' inertsiya orayı



$$\vec{r}_c = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2}{m_1 + m_2}$$

formula arqalı an'latılıp, eki denenin' geometriyalıq orayların biriktiriwshi tuwrı sıziqta jatadı.

(10) ten'leme vektor arqalı an'latılğ'an ten'leme, biraq inertsiya oraylarının' h'alatın anıqlawshı usı radius-vektordı onın'

koordinata ko'sherlerindeki proektsiyaları arqalı da an'latiw mumkin:

$$X_c = \frac{1}{m} \sum_i m_i x_i, Y_c = \frac{1}{m} \sum_i m_i y_i, Z_c = \frac{1}{m} \sum_i m_i z_i, \quad (11)$$

bunda: m - sistemasının' ulıwma massası; x_i, y_i, z_i - sistema quramındag'ı i - denenin' koordinataları.

Dara jag'dayda, eger sistema massaları m_1 h'a'm m_2 bolg'an eki deneden ibarat bolsa h'a'm olardı X ko'sheri boyınsha jaylastırsaq, inertsiya orayının' koordinatası

$$X_c = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$$

boladı. Sistema inertsiya orayın anıqlawshı radius-vektordan (r_c) waqıt boyınsha aling'an tuwındı (r_c nın' birlik waqıt dawamında o'zgerisi) inertsiya orayının' tezligin an'latadı:

$$V_c = \frac{dr_c}{dt} \quad (12)$$

(10) formulanı (12) ge qoyıp, inertsiya orayının' tezligi ushin

$$v_c = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{m} \sum_i m_i r_i \right) = \frac{1}{m} \sum_i m_i \frac{dr_i}{dt} = \frac{1}{m} \sum_i m_i V_i = \frac{1}{m} \sum_i P_i \quad (13)$$

ten'lemege iye bolamız; bunda V_i h'a'm P_i sa'ykes tu'rde i -denenin' tezligi h'a'm impulsı; Onda

$$P = \sum_i P_i = \sum_i m_i V_i \quad (14)$$

sistemanın' tolıq impulsı bolıp, ko'binese P -inertsiya orayının' impulsı dep ataladı; m -sistemasının' ulıwma massası yag'niy:

$$m = m_1 + m_2 + \dots + m_n = \sum_i m_i. \quad (15)$$

Endi (14)-ni esapqa alıp, (13)-an'latpanı to'mendegishe jazamız:

$$V_c = \frac{P}{m} \text{ yaki } P = mV_s$$

Nyutonnnın' ekinshi nızamı boyınsha sistemanın' tolıq impulsınan waqıt boyınsha aling'an tuwındı usı sistemag'a ta'sir etip atırg'an sırtqı ku'shlerdin' vektor jiyındısına ten':

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = m \frac{d\vec{V}_c}{dt} = m a_c = \vec{F}_s, \quad (16)$$

bunda: α_s - inertsia orayının tezleniwi,

F_s – sistemag'a ta'sir etip atirg'an sırtqı ku'shlerdin' vektor jiyındısı.

Tuyıq sistemada og'an ta'sir etiwshi sırtqı ku'shler joq yaki sırtqı ku'shlerdin' ten' ta'sir etiwshisi nolge ten' ($F_t = 0$). Ol h'alda aqırğ'ı ten'likten inertsia orayının tezleniwi

$$a_c = \frac{dV_c}{dt} = 0$$

boladı. Bunnan $V_s = \text{sonst ekenligi kelip shıg'adı}$. Bul juwmaq inertsia orayının saqlanıw nızamın an'latadı h'a'm ol to'mendegishe sıpatlanadı: tuyıq sistemanın' inertsia orayı tuwrı sırtqı boylap ten' o'lishewli qozg'alısta boladı yaki tınısh h'alatta boladı.

Sistema impulsının saqlanıw nızamınan massanın' additivlik nızamı kelip shıg'adı.

Sistemanın' massası onın' quramındag'ı denelerdin' massaların' jiyındısına ten'.

Inertsia orayı tu'sinigi bir neshe deneden ibarat bolg'an sistema qozg'alısın sıpatlawda da bir qansha qolaylılıqlarg'a iye. Usı maqsette ($a'u'$) formulanı to'mendegishe jazamız:

$$m \frac{d\vec{V}_c}{dt} = \vec{F}_T, \quad (17)$$

Bizge belgili, bunda V_s - inertsia orayının tezligi, F_s - sistemag'a ta'sir etip atirg'an barlıq sırtqı ku'shlerdin' ten' ta'sir etiwshisi (ishki ku'shlerdin' ten' ta'sir etiwshisi nolge ten').

Demek, sistemanın' inertsia orayının' alg'an tezleniwi, yag'nıy dV_s/dt sırtqı ku'shlerdin' ten' ta'sir etiwshisine tuwra h'a'm sistema quramındag'ı deneler massaların' jiyındısına kerı proporsional ekenligi kelip shıg'adı.

Bunnan ko'rinip tur, bul formula forması boyınsha massası m h'a'm tezligi V bolg'an bir materiallıq tochkanın' sırtqı F_s ku'sh ta'sirinde bolıp atirg'an qozg'alısın an'latıwshı ten'lemege uqsas. Sonın' ushın bul formula inertsia orayının' qozg'alıs ten'lemesin an'latadı h'a'm ol to'mendegi juwmaqqa alıp keledi: sistemanın' inertsia orayı sırtqı ku'shler ta'sirinde massası sistema quramındag'ı barlıq denelerdin' massasına ten' bolg'an materiallıq tochka sıyaqlı qozg'aladı. Bul juwmaq inertsia orayının' qozg'alıs h'aqqındag'ı teorema dep ataladı.

(17)-formuladan ko'rinip tur, inertsia orayının' tezligin o'zgeriw ushın sistemag'a sırtqı ku'shler ta'sir etiwı kerek; sistema quramındag'ı denelerdin' o'zara ta'siri na'tiyjesinde payda bolatug'ın ishki ku'shler usı denelerdin' inertsia orayına salıstırğ'anda tezliklerin o'zgersede, bul ku'shler inertsia orayının' h'alatın, qozg'alıs bag'ıtın h'a'm tezligin o'zgerite almaydı.

6. Qozg'alıs mug'darının saqlanıw nızamı

Materiallıq tochkalar yaki deneler toplamına mexanikalıq sistema delinedi. Sistemadag'ı denelerdin' o'zara ta'sirleri sistemanın' ishki ku'shlerin quraydı. Eger mexanikalıq sistemag'a sırtqı ku'shler ta'sir etpese sistema jabıq yaki izolyatsiyalang'an boladı. Eger bir neshe denelerden quralg'an mexanikalıq sistema bar bolsa, sistemadag'ı denelerdin' o'zara ta'sir ku'shleri, Nyutonın' ushınchi nızamına muwapıq, mug'dar jag'ınan ten', bag'ıtları bir-birine qarama-qarsı boladı, yag'nıy ishki ku'shlerdin' geometriyalıq jiyındısı nolge ten' boladı.

İzertlenip atirg'an mexanikalıq sistema n deneden ibarat bolsın. Sistemadag'ı dene massaları m_1, m_2, \dots, m_n tezlikleri $\vartheta_1, \vartheta_2, \dots, \vartheta_n$ ishki ku'shlerdin' ten' ta'sir etiwshisi F' , sırtqı ku'shlerdin' ten' ta'sir etiwshisi F bolsın. Ha'r bir dene ushın Nyutonın' ekinshi nızamın qollanamız.

$$\frac{d}{dt}(m_1 \vec{g}_1) = \vec{F}_1' + \vec{F}_1$$

$$\frac{d}{dt}(m_2 \vec{g}_2) = \vec{F}_2' + \vec{F}_2$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\frac{d}{dt}(m_n \vec{g}_n) = \vec{F}_n' + \vec{F}_n$$

Bul ten'lemelerdi ag'zama-ag'za qosıp to'mendegini payda etemiz:

$$\frac{d}{dt} (m_1 \vartheta_1 + m_2 \vartheta_2 + \dots + m_n \vartheta_n) = \vec{F}_1' + \vec{F}_2' + \dots + \vec{F}_n' + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

Mexanikalıq sistemann' ishki ku'shlerinin' geometriyalıq jıyındısı nolge ten' bolg'anlıg'ı ushın

$$\frac{d}{dt} (m_1 \vartheta_1 + m_2 \vartheta_2 + \dots + m_n \vartheta_n) = F_a + F_g + \dots + F_n$$

yaki

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n \quad (18)$$

Solay etip, mexanikalıq sistema impulsınan waqıt boyınsha aling'an tuwındı, sistemag'a ta'sir etiwshi sırtqı ku'shlerdin' geometriyalıq jıyındısına ten' eken.

Mexanikalıq sistema tuyıq bolg'anı ushın

$$F_1 + F_2 + \dots + F_n = 0$$

Solay etip,

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt} (m_1 \vartheta_1 + m_2 \vartheta_2 + \dots + m_n \vartheta_n) = 0$$

yaki

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum_{i=0}^n \frac{d}{dt} (m_i \vec{g}_i) = 0,$$

yag'nıy

$$\vec{P} = \sum_{i=0}^n m_i \vec{g}_i = const \quad (19)$$

ten'lik qozg'alıs mug'darının' (impulstın') saqlanıw nızamın an'latadı: Og'an muwapıq tuyıq mexanikalıq sistemann' impulsı waqıt o'tiwi menen o'zgermeydi. Bul juwmaq klassikalıq mexanika ushın g'ana orınlı bolıp qalmaq, ba'lki ta'biyattın' fundamental nızamlarınan biri esaplanadı.

Bekkemlew ushın sorawlar:

1. Nyutonnnıń birinshi nızamı qanday h'allarda orınlanadı?
2. Massa, ku'sh tu'siniklerin ta'riyplen'.
3. Nyutonnnıń ekinshi nızamı ulıwma ko'rinis an'latpasın jazın' h'a'm tu'sindirin'.
4. Nyutonnnıń u'shinshi nızamın ta'riyplen'.
5. Massa orayı h'aqqındag'ı teoremanı tu'sindirin'.
6. İmpulstın' saqlanıw nızamın tu'sindirip berin'.

3.Qattı dene mexanikası

Jobası:

1. Ku'sh momenti h'a'm impuls momenti
2. Qattı denenin' aylanıw ko'sherine salıstırg'anda inertsıya momenti. Shteyner teoreması
3. Aylanba qozg'alıstag'ı qattı denenin' kinetik energıyası
4. Aylanbalı qozg'alis dinamikasının' tiykarg'ı nızamı
5. İmpuls momenti h'a'm onın' saqlanıw nızamı

Tayanış so'z h'a'm tu'sinikler: Ku'sh momenti h'a'm impuls momenti, qattı denenin' aylanıw ko'sherine salıstırg'anda inertsıya momenti, Shteyner teoreması, aylanba qozg'alıstag'ı qattı denenin' kinetik energıyası, aylanbalı qozg'alis dinamikasının' tiykarg'ı nızamı, impuls momenti h'a'm onın' saqlanıw nızamı.

Ku'sh momenti h'a'm impuls momenti

Bir-birine salıstırg'anda jılıjımaytug'ın materiallıq tochkalar toplamı *qattı dene* dep ayıladı. Sırtqı ku'sh ta'sirinde deformatsiyalanbaytug'ın dene *absolyut qattı dene* dep ataladı.

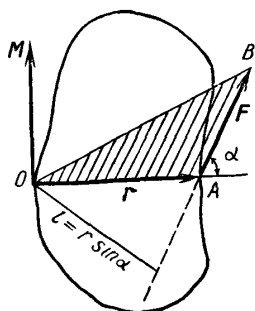
Qa'legen formadag'ı qattı dene qozg'almaytug'ın OZ ko'sher do'geresinde qanday da ku'sh ta'sirinde aylanıp atırg'an bolsın. Onın' bo'lekleri orayı OZ ko'sherde jatırg'an shen'berler sıızadı. Deneni ku'sh qoyılğ'an tochka sıızğ'an shen'berge urınba bolğ'an ku'sh aylandıradı. Ku'shtin' ta'siri tek onın' shamasına baylanıslı bolmay, ol qoyılğ'an A tochkadan aylanıw ko'sherine shekem bolğ'an aralıq \vec{r} ge h'a'm baylanıslı. \vec{F} aylandırırwshı ku'shtin' ku'sh qoyılğ'an tochkadan aylanıw ko'sherine shekemgi bolğ'an aralıq - \vec{r} -radius - vektorg'a ko'beymesi aylandırırwshı ku'shtin' momenti dep ataladı h'a'm M h'a'ripi menen belgilenedi:

$$\vec{M} = \vec{F} \cdot \vec{r} \quad (1)$$

M nın' modulu

$$M = Fr \sin \alpha = Fl \quad (2)$$

an'latpa ja'rdeminde anıqlanadı. 1-su'wrette, O tochkadan tu'sirilgen perpendikulyardıń uzınılıǵı $l = r \sin \alpha$ boladı h'a'm onı ku'shtin' O tochkag'a salıstırg'anda *iyini* dep ataydı. α - F penen r arasındag'ı mu'yesh. M nın' modulu OAV u'chmu'yesh (shtrixlang'an) maydanın' eki eseligine ten'. M vektordın' bag'ıtın on' vint qag'ıydası tiykarında anıqlanadı. O tochkag'a jaylasqan on' vinti \vec{r} den \vec{F} g'a qarap burg'anımızda vint ilgerlemeli h'a'reketinin' bag'ıtı M nın' bag'ıtın ko'rsetedi.



1 – cyǵper

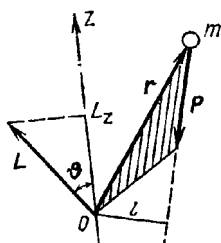
tochkag'a salıstırg'anda impuls impuls vektorına vektor

$$\vec{L} = [\vec{r} \cdot \vec{p}]$$

L vektorının' bag'ıtı, M tabıladı. O tochkag'a bag'ıtına burılğ'anda vinttin' ko'rsetedi \vec{L} dn' modulın

$$L = r p |\sin(\vec{r}\vec{p})| = lp$$

dep jazıw mu'mkin.



2 – cyǵper

Denenin' qozg'alis tezligi \vec{v} , impulsı \vec{p} h'a'm onın' ken'isliktegi ornın an'latıwshı radius - vektor \vec{r} bolsın (2-su'wret). Materiallıq tochkannıń berilgen O momenti degende, radius-vektordın' ko'beymesi tu'siniledi:

$$(3)$$

ge uqsap on' vint qag'ıydası tiykarında jaylastırılğ'an on' vint \vec{r} dan R ilgerilemeli qozg'alisı \vec{L} dn' bag'ıtın

$$(4)$$

Qattı denenin' aylanıw ko'sherine salıstırg'anda inertsiya momenti.
Shteyner teoreması

Qattı denenin' aylanba qozg'alışın u'yrenenimizde inertsiya momenti tu'siniginen paydalanamız. Qattı denenin' i -elementar bo'lekshesinin' massası (Δm_i) menen aylanıw ko'sherine shekemgi bolg'an aralıq (r_i) kvadratının' ko'beymesi

$$I_{Z_i} = \Delta m_i r_i^2 \quad (5)$$

i - elementar bo'lekshenin' OZ ko'sherine salıstırg'anda *inertsiya momenti* dep ataladı (1-su'wret). n elementar bo'lekshelerden quralg'an sistemanın' inertsiya momenti elementar inertsiya momentlerinin' jıyındısına ten', yag'nıy

$$I_Z = \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2 \quad (6)$$

Sİ da inertsiya momenti $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ (kilogramm-metr kvadrat) larda o'lishenedi. Qattı dene ushm (6) nı to'mendegishe jazıw mu'mkin:

$$I = \int_V r^2 dm \quad (7)$$

İntegral qattı dene iyelegen pu'tin ko'lem boyınsha alınadı. Denenin' berilgen tochkadag'ı tıg'ızlıg'ı $\rho = \text{const}$ yag'nıy dene bir tekli bolsa,

$$I = \rho \int_V r^2 dV \quad (8)$$

payda boladı.

(8) an'latpa h'a'rr qanday qattı denenin' qa'legen ko'sherge salıstırg'anda inertsiya momentin anıqlaw imkaniyatın beredi. Mısal sıpatında bazı denelerdin' inertsiya momentlerin anıqlayıq.

1. Juqa tsilindrdin' orayınan o'tken ko'sherge salıstırg'anda inertsiya momenti

$$I = m R^2$$

2. Kalın' trubanın' orayınan o'tken ko'sherge salıstırg'anda inertsiya momenti

$$I = \frac{1}{2} m (R_1^2 + R_2^2)$$

R_1 h'a'm R_2 - trubanın' ishki h'a'm sırtqı diywallarının' radiusları.

3. Pu'tin tsilindr (disk) din' orayınan o'tken ko'sherge salıstırg'anda inertsiya momenti

$$I = \frac{1}{2} m R^2$$

4. Pu'tin shardin' massalar orayınan o'tiwshi ko'sherge salıstırg'anda inertsiya momenti

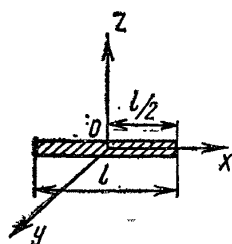
$$I = \frac{2}{5} m R^2$$

5. Sferanın' massalar orayınan o'tiwchi ko'sherge salıstırg'anda inertsiya momenti

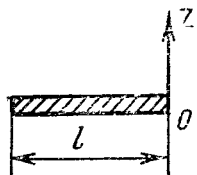
$$I = \frac{2}{3} m R^2$$

6. l – uzınlıqtag'ı jin'ishke sterjennin' uzınlıg'ına tik h'a'm massalar orayınan o'tiwshi OZ ko'sherge salıstırg'anda inertsiya momenti (3-su'wret).

$$I = \frac{1}{12} m l^2$$



3 – cyÿpet



4 – cyÿpet.

7. l uzınlıqtag'ı jin'ishke sterjennin' uzınlıg'ına tik h'a'm onın' bir uchınan o'tiwshi OZ ko'sherge salıstırg'anda inertsiya momenti (4-su'wret).

$$I = \frac{1}{3} m l^2$$

Eger berilgen denenin' massalar orayman o'tiwshi ko'sherge salıstırg'anda inertsiya momenti anıqlang'an bolsa, bul ko'sherge parallel qa'legen ko'sherge salıstırg'anda inertsiya momentin anıqlaw ushın Shteyner teoremasınan paydalanamız. Ol to'mendegishe ta'riyplenedi: *berilgen denenin' qa'legen ko'sherge salıstırg'anda inertsiya momenti, I usı ko'sherge parallel h'a'm S-dene massalar orayınan o'tiwshi ko'sherge salıstırg'anda inertsiya momenti I_c menen dene massasınin' ko'sherler arasındag'ı aralıq kvadratına ko'beymesinin' jıyındısına ten'*:

$$I = I_c + m a^2 \quad (9)$$

Aylanba qozg'alıstıg'ı qattı denenin' kinetikalıq energiyası

1-su'wretge qarasıq OZ ko'sher do'geresinde aylanıp atırg'an qattı denenin' bazı bir i-bo'lekshenin' kinetik energiyası

$$\Delta W_{ki} = \frac{\Delta m_i v_i^2}{2} \quad (10)$$

ten'leme menen an'latılıwın bilemiz. Bunda Δm_i h'a'm v_i – sa'ykes tu'rde i-bo'lekshenin' massası h'a'm sıızıqlı tezligi. Sıızıqlı tezlik penen mu'yeshli tezlik arasındag'ı baylanıstı esapqa alsıq ($v_i = \omega r_i$) h'a'm bunı (10) ge qoysaq

$$\Delta W_{ki} = \frac{\Delta m_i r_i^2}{2} \omega^2 \quad (11)$$

Payda etemiz

Qattı dene kinetik energiyası onı qurawshı barlıq bo'lekshelerdin' kinetikalıq energiyalarınin' jıyındısınan ibarat

$$W_k = \sum \Delta W_{ki} = \frac{1}{2} \omega^2 \sum \Delta m_i r_i^2 \quad (12)$$

(6) g'a tiykarlanıp $\sum \Delta m_i r_i^2 = I_z$ denenin' aylanıw ko'sherine salıstırg'anda inertsiya momenti ekanligin itıbarg'a alsıq

$$W_k = \frac{I_z \omega^2}{2} \quad (13)$$

an'latpası payda boladı.

Demek, qozg'almas ko'sher do'geresinde aylanıp atırg'an qattı denenin' kinetikalıq energiyası usı denenin' aylanıw ko'sherine salıstırg'anda inertsiya momentinin' mu'yeshlik tezlik kvadratına ko'beymesinin' yarımına ten'.

Eger dene qozg'alıwshı ko'sherge salıstırg'anda aylanbalı qozg'alısta bolsa, yag'nıy h'a'm aylanbalı, h'a'm ilgerilemeli qozg'alısta bolsa, onın' kinetik energiyası aylanba h'a'm ilgerilemeli qozg'alıs kinetikalıq energiyalarınin' jıyındısı arqalı anıqlanadı.

$$W_k = \frac{I_z \omega^2}{2} + \frac{m v_m^2}{2} \quad (14)$$

bunda v_m - massa orayınin' ilgerilemeli qozg'alısınin' tezligi.

Aylanbalı qozg'alıs dinamikasının' tiykarg'ı nızamı

1-su'wrettegi aylanıp atırg'an qattı denenin' u'yrenilip atırg'an elementar bo'lekshesi impulsınin' OZ ko'sherine salıstırg'anda momenti (L_{zi}) (4) qatnasg'a tiykarlanıp esaplanadı.

$$L_{zi} = P_i r_i = \Delta m_i r_i \omega r_i = \Delta m_i r_i^2 \omega \quad (15)$$

Bul an'latpanı qattı denenin' barlıq elementar bo'leksheleri ushın qollap, son' olardıń jıyındısın alsaq, dene impulsının' OZ ko'sherge salıstırǵanda momentin payda etemiz:

$$L_z = \sum_{i=1}^n L_{zi} = \omega \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2. \quad (16)$$

Bunda ω =sonst bolǵanlıǵı ushın summa belgisinen sırtqa shıǵarıp jazdıq. (16) menen (6) an'latpanı birlestirip

$$L_z = I_z \omega \quad (17)$$

nı payda etemiz.

Solay etip, qattı dene impulsının' qozǵalmas aylanıw ko'sherine salıstırǵanda momenti denenin' usı aylanıw ko'sherine salıstırǵanda inertiya momenti menen mu'yeshlik tezlik ko'beymesine ten' eken.

Ekinshi ta'repten $L_{zi} = [r_i R_i]$ ekenligin esapqa alsaq, onda waqıt boyınsha differentsiallaw a'melin orınlasaq:

$$\frac{dL_z}{dt} = \frac{d}{dt} [r_i P_i] \quad (18)$$

$r=const$ bolǵanda $\frac{dP_i}{dt} = F_i$ ga ten' dep alıp bulardı (18) ga qoyamız h'a'm summag'a o'tip to'mendegini payda etemiz:

$$\frac{dL_z}{dt} = \sum_{i=1}^n [r_i F_i] = \sum_{i=1}^n M_{zi} \quad (19)$$

(17) h'a'm (19) an'latpalardı salıstırmaq

$$\frac{d}{dt} (I_z \omega) = M_z \quad \text{yaki} \quad M = I_z \varepsilon \quad (20)$$

Bunda $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$ ten' bolıp, mu'yeshlik tezleniw bolıp tabıladı.

(20) an'latpası qattı denenin' qozǵalmas ko'sher do'geregindegi aylanbalı qozǵalısının' tiykarg'i ten'lemesi dep aytiladı. Ol to'mendegishe ta'riyplenedi: qa'legen qozǵalmaytug'ın aylanıw ko'sherine salıstırǵanda denenin' inertiya momenti menen mu'yeshlik tezleniwiniń ko'beymesi deneg'e ta'sir etiwshi ku'shlerdin' usı ko'sherge salıstırǵanda momentlerinin' algebraik jıyındısına ten'.

İmpuls momenti h'a'm onıń saqlanıw nızamı

Aylanbalı qozǵalıs nızamların ilgerilemeli qozǵalıs nızamları menen salıstırmaq, ilgerilemeli qozǵalıtıstıǵı massa-m ornında aylanbalı qozǵalıtıstı I - inertiya momenti, ku'sh ornında, ku'sh momenti shaması qollanıladı.

m-massalı materiallıq tochka r radiuslı shen'ber boylap v sızıqlı tezlikke qozǵalsa impuls momenti

$$L = mvr = pr \quad (21)$$

ga ten' boladı.

(21) ten'lemedegi sızıqlı tezlikte $v=\omega r$ an'latpa menen almastırmaq:

$$L = m\omega r \cdot r = mr^2 \omega$$

Bul an'latpadagı $I=mr^2$ qozǵalıtıstıǵı materiallıq tochkannıń inertiya momenti ekanligin itibarg'a alsaq, materiallıq tochkannıń impuls momenti ushın to'mendegi an'latpanı payda etemiz:

$$L = I\omega \quad \text{eki} \quad \vec{L} = I\vec{\omega}, \quad (22)$$

bunda L bag'iti menen ω tin' bag'ıtı sa'ykes keledi.

Endi impuls momentinin' o'zgeriw tezligi nege baylanıslılıg'ın anıqlayıq. Bunın' ushın inertsiya momentin ($I = \text{const}$) turaqlı dep (22) ten'lemeden waqt boyınsha tuwında alamız:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = I \frac{d\vec{\omega}}{dt} = I\vec{\varepsilon} \quad (23)$$

Bul ten'lemeni aylanba qozg'alıs dinamikasının' tiykarg'ı ten'lemesi (20) menen salıstırıp

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M} \quad (24)$$

qatnasın payda etemiz. Demek, materiallıq tochkanın' impuls momentinn' o'zgeriw tezligi og'an ta'sir etiwshi ku'sh momentine ten' eken.

Eger ku'sh momenti ($\vec{M} = 0$) nolge ten' bolsa,

$$\frac{dL}{dt} = 0 \quad (25)$$

sha'rti

$$L = \text{const} \quad \text{yaki} \quad I\omega = \text{const} \quad (26)$$

bolg'anda g'ana orınlanadı. Bul (g'o') an'latpa materiallıq tochkalar sistemasi ushın, impuls momentinin' saqlanıw nızamın xarakterleydi: *materiallıq tochkalar tuyıq sistemasi impulsının' qa'legen tochkag'a salıstırğ'anda momenti o'zgermeydi.*

Bekkemlew ushın sorawlar:

1. Materiallıq tochka inertsiya momenti dep nege ayıldı h'a'm qanday birliklerde an'latıldı?
2. İlgerlemeli qozg'alıstıg'ı dene massası menen aylanbalı qozg'alıstıg'ı dene inertsiya momenti ortasında qanday parıq bar?
3. Aylanbalı qozg'alıs ushın dinamikanın' ekinshi nızamı an'latpasını jazın' h'a'm tu'sindirin'.
4. Tuyıq mexanikalıq sistema ushın qozg'alıs mug'dar momentinin' saqlanıw nızamın tu'sindirin'.
5. Aylanba qozg'alıstıg'ı qattı denenin' kinetik energiyasın tu'sindirin'.

4. Jumıs, energiya h'a'm quwatlılıq

Joba:

1. Energiya–sistemanın' h'alat funktsiyası sıpatında. İlgerlemeli h'a'm aylanbalı qozg'alısta jumıs h'a'm kinetikalıq energiya. Quwat.
2. Potensial energiya. Potensial energiya menen ku'sh arasındag'ı baylanıs.
3. Energiyanın' saqlanıw nızamı.

Tayanış so'z h'a'm tu'sinikler: Jumıs, mexanikalıq jumıs, on' h'a'm teris jumıs, quwat, energiya, kinetikalıq energiya, sistemanın' h'alat funktsiyası, joqarıg'a ko'terilgen denenin' potensial energiyası, deformatsialang'an denenin' potensial energiyası, konservativ, konservativ emes h'a'm dissipativ ku'shler, ken'islik h'a'm waqtın' simmetriyalıg'ı.

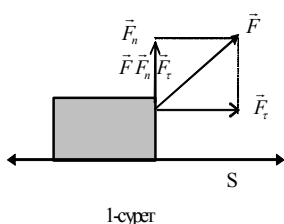
1. Energiya – sistemanın' h'alat funktsiyası sıpatında. İlgerlemeli h'a'm aylanbalı qozg'alısta jumıs h'a'm kinetikalıq energiya. Quwat

İmpulstı denenin' mexanikalıq qozg'alisın' belgili o'lishemi sıpatında qaraw mumkin. Biraq denenin' bunday dinamikalıq xarakteristikası barlıq qozg'alis formaları ushın universal o'lishem bola almaydı. Bunı to'mendegi mısallarda ko'rip shıg'amız.

Tuwrı sızıqlı ten' o'lishewli qozg'alısta bolıp atırğ'an deneni baqlayıq. Deneler ortasında su'ykelis bar bolg'anlıg'ı ushın deneler qızadı, yag'nıy bunda denelerdin' mexanikalıq qozg'alisı usı denelerdi qurawshı molekularıdın' xaotikalıq – jıllılıq qozg'alisına aylanadı. Biraq denenin' impulsı tuwrı sızıqlı ten' o'lishewli qozg'alısta o'zgermey qaladı, biraq ol ajralıp shıqqan jıllılıq mug'darın xarakterlemeydi. Solay etip, qozg'alis jog'almaydı, ba'lki materiya qozg'alisın' basqa formalarına o'tedi.

Demek, qozg'alis formaların' ulıwma o'lishemi sıpatında jan'a fizikalıq shama bolıwı kerek. Bunday fizikalıq shama energiya. Energiya h'a'r qanday ko'rinistegi materiya qozg'alisın' universal mug'dar o'lishemi. Deneler sistemasın' mexanikalıq qozg'alisı h'alatın anıqlaw ushın olardıń o'z-ara jaylasıwın h'a'm tezligin biliw jeterli boladı, gaz h'alatın xarakterlew ushın onıń ko'lemi, temperaturası h'a'm basımın biliw za'ru'r. Energiya-sistema h'alatın' funksiya bolıp tabıladı.

Deneler ortasındağ'ı mexanikalıq qozg'alıstın' almasıwı yaqi mexanikalıq qozg'alıstın' basqa qozg'alis formalarına o'tiwı denelerdin' o'zara ta'siri na'tiyjesinde a'melge asırıladı. Ta'jriyebeler sol na'rseni ko'rsetedi, bunday protsesslerde o'tip atırğ'an qozg'alıstın' shaması, ku'sh penen orın awıstırıw shamasın' ko'beymesine ten' eken. Bul payda bolg'an fizikalıq shama *jumıs* delinedi. Demek, jumıs bir denedan basqa denegge qozg'alıstı beriw o'lishemi yaqi energiyanın' bir deneden basqa denegge o'tiw o'lishemi bolıp tabıladı.



Eger materiallıq tochka turaqlı ku'sh F (1-su'wret) ta'sirinde s aralıqqa ko'shse, onda ku'shtin' jumısı:

$$A = F_{\tau} * S \quad (1)$$

Bunda F_{τ} - F ku'shtin' orın awıstırıw bag'ıtına proektsiyası bolıp,

$$F_{\tau} = F * \cos \alpha \quad (2)$$

1-su'wrette α - denenin' qozg'alis bag'ıtı menen F ku'sh arasındag'ı mu'yesh. (2)-ni esapqa alıp, (1)-ni to'mendegishe jazamız:

$$A = F S \cos \alpha \quad (3)$$

1) Eger ku'sh bag'ıtı menen orın awıstırıw bag'ıtı arasındag'ı mu'yesh $\alpha < 90^{\circ}$ bolsa, onda $\cos \alpha > 0$. Demek, ku'sh on' jumıs orınlaydı ($A > 0$).

2) Eger $\alpha > 90^{\circ}$ bolsa, onda $\cos \alpha < 0$. Bunda ku'sh teris jumıs orınlaydı ($A < 0$). Ma'selen, su'ykelis ku'shi h'a'm tormozlaw ku'shi;

3) Eger ku'sh bag'ıtı orın awıstırıwğ'a tik bag'ıtlang'an bolsa, $\alpha = 90^{\circ}$, onda $\cos \alpha = 0$, demek, ku'shtin' orınlag'an jumısı nolge ten', yag'nıy energiya o'zgermeydi. Eger ma'lim bir aralıqta ku'sh shaması o'zgermeli bolsa, onda orınlang'an jumıstı esaplaw ushın aralıqtı elementar orın awıstırıwlarğ'a bo'lip shıg'amız, bul elementar orın awıstırıwlarında, ku'shti turaqlı shama dep esaplasa boladı (2-su'wret). Ha'r bir elementar orın awıstırıwda orınlang'an elementar jumıstı esaplap, keyin bul elementar jumıslardıń algebraik jıyındısın alsaq, onda o'zgeriwshi F ku'shtin' S aralıqta orınlag'an jumısı to'mendegishe an'latıladı:

$$A = \sum_{i=1}^n \Delta A_i = \sum_{i=1}^n F_i \Delta S_i \cos \alpha_i \quad (4)$$

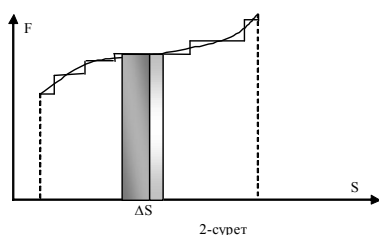
ΔS nolge umtılğ'anda (n') den limit alsaq,

$$A = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \left(\sum_{i=1}^n F_i * \Delta S_i \right) = \int_S F_{\tau} dS \quad (5)$$

(5) integraldı esaplaw ushın F_{τ} ku'shtin' S aralıqqa baylanıslılıg'ın biliw za'ru'r.

Praktikada, tek ku'shtin' orınlag'an jumısın biliw g'ana emes, ba'lki qanday waqıt aralıg'ında usı jumıs orınlanıwı da u'lken a'h'miyetke iye. Sonın' ushın ku'shtin' qanday tezlik

penen orinlag'an jumisin xarakterlew ushin *quwat* tu'sinigi kiritiledi. Waqit birligi ishinde, F ku'sh orinlag'an jumisqa san jag'ınan ten' bolg'an fizikalıq shama quwat (N) delinedi:



$$N = \frac{\Delta A}{\Delta t} \quad (6)$$

Eger ku'sh o'zgermeli bolsa, qurılmanın' quwatın anıqlaw ushin (6) dan limit alamız:

$$N = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{dA}{dt} \quad (7)$$

bunda N bir zamattag'ı quwat delinedi. (3) ti itibarg'a alsaq, (7) an'latpa to'mendegi ko'riniske

iye boladı:

$$N = F_{\tau} \frac{ds}{dt} = F_{\tau} v \quad (7')$$

Demek, bir zamattag'ı quwat san jag'ınan tezlik turaqlı bolg'anda ku'shtin' tangentsial qurawshısınin' tezlikke ko'beymesine ten' boladı.

Jumis h'a'm quwat birligin belgileyik. Xalıqara birlikler sisteması (Si) da jumıs birligi qılıp, ku'sh bag'ıtında deneni bir metr aralıqqa bir Nyuton ku'sh ta'sirinde ko'shırıwde orınlang'an jumıs qabil etilgen. Bul jumıstın' birligi – Djoul (J), $1J=1 N \cdot m$. Quwat birligi etip Vatt (Vt) qabil etilgen. 1 Vatt – bir sekund dawamında bir joul jumıs orınlaytug'in qurılma yaki mexanizmınin' quwatı, $1Vt = 1J/1s$.

Denelerdin' qozg'alısı sebepli payda bolg'an energiya kinetikalıq energiya delinedi. Bazı bir m massalı dene turaqlı F ku'sh ta'sirinde o'zinin' qozg'alıs tezligin v_1 den v_2 ma'niske shekem o'zgertrsin. Ol waqıtta m massalı denenin' qozg'alıs ten'lemesi to'mendegishe an'latıladı:

$$F = m \frac{d\vartheta}{dt} \quad (8)$$

(8) ten'lemenin' eki ta'repine $v dt = ds$ ge skalyar ko'beytemiz:

$$F dS = m \frac{d\vartheta}{dt} \vartheta dt = m \vartheta d\vartheta \quad (9)$$

Ma'lim bir $S_1 - S_2$ aralıqta denenin' orinlag'an jumisin esapqa alıw ushin (9)-nın' shep h'a'm on' ta'replerin S_1 h'a'm S_2 aralıqlar h'a'm de v_1 h'a'm v_2 tezlik intervalı arasında integrallaymız:

$$\int_{s_1}^{s_2} dA = \int_{s_1}^{s_2} F dS = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} m \vartheta d\vartheta \quad (10)$$

(10) ten'liktin' chep ta'repi F ku'sh orinlag'an tolıq jumisqa ten', $m = \text{const}$ bolsa, on' ta'repi to'mendegi ko'riniske iye boladı:

$$A = \frac{m \vartheta_2^2}{2} - \frac{m \vartheta_1^2}{2} \quad (11)$$

(11) ten'liktegi $\frac{m \vartheta^2}{2} = E$ denenin' kinetikalıq energiyasınin' an'latpası bolıp tabıladı. Bul h'alda (11) to'mendegi ko'riniste jazıladı:

$$A = \Delta E = E_2 - E_1 = \frac{m \vartheta_2^2}{2} - \frac{m \vartheta_1^2}{2} \quad (12)$$

Demek, denenin' kinetikalıq energiyasınin' o'zgerisi denege ta'sir etiwshi ku'shtin' orınlag'an jumısına san jag'ınan ten'. Eger $v_1 = 0$ bolsa,

$$E = \frac{m \vartheta^2}{2} \quad (13)$$

Solay etip, m massalı dene v tezlik penen qozg'alg'anda, E kinetikalıq energiyag'a iye boladı. (13) formula dara jag'dayda, materiallıq tochkanın' kinetikalıq energiyası dep aytiladı.

Ha'r qanday mexanikalıq sistemanı materiallıq tochkalar sisteması dep qarawımız mumkin bolg'anı ushın mexanikalıq sistemanın' kinetikalıq energiyası usı sistemanı qurag'an materiallıq tochkalardıń kinetikalıq energiyaların' jıyındısına ten', yag'nıy:

$$E = \sum E_i = \sum_{i=1}^n \frac{m_i \vartheta_i^2}{2} \quad (14)$$

bunda m_i h'a'm v_i -materiallıq tochkanın' massası h'a'm tezligi. Demek, h'a'r qanday mexanikalıq sistemanın' kinetikalıq energiyası usı sistemag'a kirgen materiallıq tochkalardıń massası h'a'm qozg'alıs tezligi menen anıqlanar eken.

Bul a'h'miyetli juwmaqtı qısqasha qılıp to'mendegishe ta'riyplew mumkin: sistemanın' kinetikalıq energiyası - onın' qozg'alıs h'alatı funktsiyası bolıp tabıladı.

Bir waqıtta aylanbalı h'a'm ilgerlemeli qozg'alısta bolg'an denenin' kinetikalıq energiyası onın' aylanbalı h'a'm ilgerlemeli qozg'alısına sa'ykes keliwshi kinetikalıq energiyalar jıyındısına ten' boladı.

Aylanbalı qozg'alısta bolg'an dene kinetikalıq energiyasın qarap shıg'ayıq. Deneni absolyut qattı dene dep h'a'm onı materiallıq tochka dep qaraw mumkin bolg'an n bo'lekke bo'leyik. Eger i-bo'lektin' massası m_i , sıziqlı tezligi ϑ_i , qozg'alıs bolıp atırg'an shen'ber radiusi r_i , aylanbalı qozg'alıs mu'yesh tezligi ω bolsa, bul bo'lketin' kinetikalıq energiyası

$$E_i = \frac{m_i \vartheta_i^2}{2} \quad (15)$$

boladı. $\vartheta_i = \omega r_i$ ekenin esapqa alsaq:

$$E_i = \frac{m_i \omega^2 r_i^2}{2} \quad (16)$$

Denenin' kinetikalıq energiyası onın' bo'leklerinin' kinetikalıq energiyaları jıyındısına ten':

$$E = \sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^n \omega^2 \frac{m_i r_i^2}{2} = \frac{\omega^2}{2} \sum_{i=1}^n m_i r_i^2 ,$$

bunda $\sum_{i=1}^n m_i r_i^2 = I$ bolg'anlıqtan:

$$E = \frac{I \omega^2}{2} \quad (17)$$

Bul formulanı ilgerlemeli qozg'alıs kinetikalıq energiyası (13) menen salıstırsaq, dene massası ornında denenin' aylanıs ko'sherine salıstırg'anda inertsiya momenti, sıziqlı tezlik ornına mu'yesh tezlik turg'anın ko'remiz.

Denege ku'sh ta'sir qılıp, onı qandayda bir ko'sher do'gereginde aylanbalı qozg'alısqa keltirgende onın' bo'lekleri jılıydı. Demek, jumıs orınlanadı. Bul jumıs aylanıp atırg'an dene kinetikalıq energiyası o'zgerisine ten' boladı.

Dene OO_1 qozgalmas ko'sher do'gereginde aylanbalı qozg'alısta bolsın. Juwmaqlawshı F ku'sh denenin' B tochkasına qoyıl'g'an bolıp, bul tochka aylanıs ko'sheridan r uzaqlıqta bolsın (3-su'wret). Dene F ku'sh ta'sirinde $\Delta\varphi$ mu'yeshge burıl'g'anda, B tochka V tochkag'a jılıp ΔS dog'anı sızadı. Onda orınlang'an elementar jumıs:

$$\Delta A = F \Delta S \quad (18)$$

buladı, $\Delta S = r \Delta\varphi$ bolg'anı ushın $\Delta A = Fr \Delta\varphi$ boladı. $Fr = M$ ku'sh momenti bolg'anlıqtan:

$$\Delta A = M \Delta\varphi$$

Tolıq jumıs bolsa bul an'latpanı integrallaw arqalı anıqlanadı:

$$A = \int_0^{\varphi} M d\varphi . \quad (19)$$

Eger denenin' aylanbalı qozg'alısı dawamında ku'sh momenti turaqlı ($M = \text{const}$) bolsa, (19) dan ulıwma orınlang'an jumıs

$$A = M\varphi \quad (20)$$

boladı. Demek, aylanbalı qozg'alısta orınlang'an jumıs ku'sh momenti menen burılıw mu'yeshshin' ko'beymesi arqalı anıqlanar eken.

Shen'ber boylap o'zgermeli qozg'alıs ushın (20) an'latpa to'mendegishe jazıladı:

$$dA = M d\varphi = I \frac{d\omega}{dt} \omega dt = I \omega d\omega$$

Burılıw mu'yeshi φ_1 den φ_2 geshe o'zgergende mu'yeshlik tezlik ω_1 den ω_2 shekem o'zgergen bolsa, ulıwma jumıstı esaplaw ushın usı shegaralarda joqarıdag'ı an'latpanı integrallaymız:

$$dA = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} dA = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} M d\varphi = \int_{\omega_1}^{\omega_2} I \omega d\omega \quad (21)$$

yaki

$$A = M (\varphi_2 - \varphi_1) = \frac{I \omega_2^2}{2} - \frac{I \omega_1^2}{2} \quad (22)$$

(22) dan ko'rinip tur, aylanbalı qozg'alısta denenin' kinetikalıq energiyasının' o'zgerisi qoyıl'g'an juwmaqlawshı ku'sh momentine baylanıshı.

Dene bir waqıtta aylanbalı h'a'm ilgerlemeli qozg'alısta bolsa, bunday qozg'alıs ushın tolıq kinetikalıq energiya:

$$E = E_{uz} + E_{ay} = \frac{m g_c^2}{2} + \frac{I \omega^2}{2} \quad (23)$$

bunda m - denenin' massası, I - denenin' massa orayınan o'tken ko'sherge salıstırg'anda inertsiya momenti, ω - usı ko'sherge salıstırg'anda aylanbalı qozg'alıstın' mu'yesh tezligi, g_c - massa orayının' sıziqlı tezligi.

2. Potentsial energiya. Potentsial energiya menen ku'sh arasındag'ı baylanıs

Denelerdin' yaki dene bo'leklerinin' bir-birine salıstırg'anda jaylasıwına baylanıshı bolg'an energiya potentsial energiya dep ataladı.

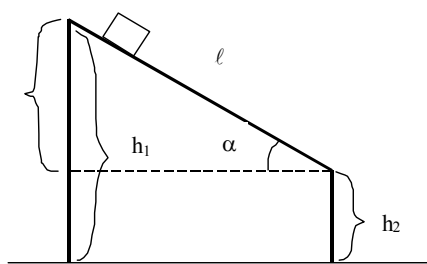
Sistemamn' potentsial energiyasın anıqlaw ushın sistemadag'ı denelerdin' o'zara jaylasıwın h'a'm olar arasındag'ı ta'sir ku'shlerdi biliwimiz kerek.

Mısal sıpatında, denege ta'sir etiwshi awırlıq ku'shi saldarman denenin' potentsial energiyasının' o'zgerisini ko'rip shıg'ayıq. Denenin' Jer betinen ko'teriliw biyikligi h , Jerdin' radiusına salıstırg'anda bir qansha kishi bolsa, $R = mg = \text{const}$ dep esaplaw mumkin, m - denenin' massası.

Eger dene ℓ uzınlıqtag'ı qıya tegislik boyınsha su'ykelissiz tu'sip atırg'an bolsa (4(a)-su'wret), awırlıq ku'shi orınlag'an jumıs to'mendegi shamag'a ten' boladı:

$$A = R \ell \cos\alpha = mg (h_1 - h_2) = U_1 - U_2 \quad (24)$$

$$\text{bunda } h = h_1 - h_2 = \ell \cos\alpha \quad (25)$$



4 (a) - cypet

qıya tegisliktin' biyikligi, α -qıya tekisliktin' gorizontg'a salıstırg'anda qıyalıq mu'yeshi, $U=mgh$ denenin' potentsial energiyası, (24) den ko'rinip tur, sistema potentsial energiyasının' o'zgerisi san jag'ınan, sırtqı ku'shler sistemanın' tezligin o'zgeriptesten bir h'alattan ekinshi h'alatg'a o'tkeriwde orınlag'an jumısına ten' bolar eken.

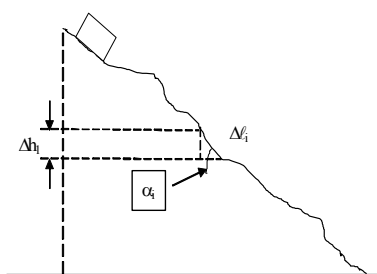
Endi dene qozg'alis traektoriyası ıqtıyarıy iymek sıızıqtan ibarat bolsın (4(b)-su'wret). Onda bul iymek sıızıqtı n kishi tuwrı sıızıqlı bo'leklerge

bo'lemız. Mine usı h'a'r bir elementar bo'lekte awırılıq ku'shinin' elementar orınlag'an jumısı

$$\Delta A_i = r * \Delta \ell_i * \cos \alpha_i = r * \Delta h_i \quad (26)$$

boladı. Bunda Δh_i - vertikal tuwrı sıızıq $\Delta \ell_i$ - bo'lektin' proektsiyası. Elementar bo'leklerde orınlag'an jumıslardıń jıyındısı, iymek sıızıqlı jolda awırılıq ku'shi orınlag'an jumıstı an'latadı:

$$A = \sum_{i=1}^n \Delta A_i = \sum_{i=1}^n P \Delta h_i = Ph = mgh \quad (27)$$

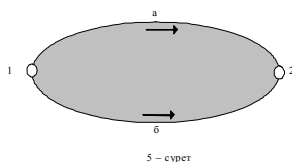


4 (b)-cypet

Sonday etip, awırılıq ku'shinin' jumısı joldın' da'slepki h'a'm aqırg'ı tochkalarınin' koordinatalarına baylanıslı eken. Makroskopik mexanikada ushraytug'm ku'shler eki potentsial (konservativ) h'a'm dissipativ (konservativ emes) ku'shlerge ajratıladı.

Eger tuyıq jol (kontur) boyınsha ku'shtin' orınlag'an jumısı nolge ten' bolsa, bul ku'shler potentsial (yaki konservativ) ku'shler dep ataladı.

Eger sistema bazı bir ku'sh ta'sirinde a'a g' jol boyınsha (5 -su'wret) bir orınnan ekinshi orıng'a ko'shsin. Bunda A_{1a2} g'a ten' jumıs orınlanağı. Eger sistema ekinshi orıng'a a'bg' jol boyınsha o'tse, onda orınlag'an jumıs A_{1b2} g'a ten' boladı.



5 - cypet

Konservativ ku'shlerdin' anıqlamasına muwapıq $A_{1a2} = A_{1b2}$. Ku'shler sistemanın' konfiguratsiyasına (koordinatlarına) baylanıslı bolmag'anlıg'ı ushın $A_{1b2} = -A_{2b1}$ boladı. Sonın' ushın, $A_{1a2} + A_{2b1} = 0$.

Demek, usı ku'sh ta'sirinde sistema yaki deneni bir h'alattan ekinshi bir h'alatg'a ko'shırıwde orınlag'an jumıs $A_{1a2} = A_{1b2} = A_{22}$ orın awıstırıw trektoriyasının' formasına baylanıslı bolmaydı, bul ku'sh konservativ (yaki oraylıq) ku'sh dep ataladı.

Konservativ ku'shlerge awırılıq ku'shleri, elastik ku'shleri h'a'm zaryadlang'an bo'lekshelerdin' o'zara elektrostatik ta'sir ku'shleri misal bola aladı.

Konservativ bolmag'an barlıq ku'shler dissipativ ku'shler dep ataladı.

Dissipativ ku'shlerge, su'ykelis ku'shleri h'a'm suyıqlıqta yaki gazde h'a'reketlenip atırg'an deneg'e ta'sir etiwshi qarsılıq ku'shleri kiredi.

Elastik ku'sh penen potentsial energiya arasındag'ı baylanıs. Elastik ku'sh ta'sirinde, dene deformatsiyasının' kishi (dx shamag'a) o'zgerislerinde, orınlag'an elementar jumıs to'mendegige ten' boladı.

$$dA = Fdx = -kxdx \quad (28)$$

Jumıstın' tolıq ma'nisin anıqlaw ushın (28) formulanı deformatsiyalanbag'an h'alattan ($x_0=0$) deformatsiya shaması x ma'nisleri shegarasında integrallaymız:

$$A = - \int_{x_0}^x kxdx = - \frac{kx^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} \quad (29)$$

Bul shamag'a tiykarlanıp prujinannın' potentsial energiyası o'zgeredi:

$$U_n = \frac{kx^2}{2} - U_0, \quad (30)$$

bunda $U_0 = \frac{kx_0^2}{2}$ – deformatsiyalanbag'an denenin' potentsial energiyasi, onı nolge ten' dep alsaq, (30) to'mendegishe jazıladı:

$$U_{II} = \frac{kx^2}{2}. \quad (31)$$

Solay etip, (29) dan ko'rinip tur, elastik dene deformatsiyalansa, onda jumis deformatsiyalang'an dene energiyasının' o'zgerisine sarıplanadı. (31) an'latpag'a deformatsiyalang'an denenin' potentsial energiyası delinedi.

Potentsial maydannın' h'a'r bir tochkasına bir ta'repten denege ta'sir etiwshi f ku'sh vektorının' bazı bir ma'nisi sa'ykes kelse, ekinshi ta'repten, dene U potentsial energiyasının' ma'niside sa'ykes keledi.

Demek, ku'sh penen potentsial energiya arasında ma'lim baylanıs bar bolıwı kerek. Bizge belgili, jumis potentsial energiya esabınan orınlanadı, yag'nıy:

$$\Delta A = - \Delta U \quad (32)$$

– ΔU – sistema potentsial energiyasının' kemeyiwın ko'rsetedi.

(28) menen (29) ni salıstırıp to'mendegini tabamız:

$$F_s \Delta S = - \Delta U,$$

bunnan

$$F_s = - \frac{\Delta U}{\Delta S}. \quad (33)$$

(33) an'latpada F_s – bul F ku'shtin' s orın awıstırıw boyınsha proektsiyasi. F_s tın' berilgen tochkadag'ı ma'nisin tabıw ushın limitge o'tiw kerek:

$$F_s = - \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta U}{\Delta S} \quad (34)$$

U, s ko'sher boylap ko'shirilgende g'ana emes, h'a'tte basqa bag'ıtlar boylap ko'shirilgende de o'zgergenligi ushın (34) formuladag'ı limit U dan s boyınsha tuwindıdan ibarat boladı, yag'nıy:

$$F_s = - \frac{\partial U}{\partial S} \quad (35)$$

(35) qatnas ken'isliktegi iqtıyarıy bag'ıt ushın, x, y, z dekart koordinata ko'sherleri boyınsha bag'ıtlar ushında orınlı yag'nıy:

$$\vec{F} = - \left(\frac{\partial U}{\partial X} \vec{i} + \frac{\partial U}{\partial Y} \vec{j} + \frac{\partial U}{\partial Z} \vec{k} \right) \quad (36)$$

Demek, ku'sh potentsial energiyanın' qarama-qarsı belgi menen aling'an gradientine ten' eken

$$F = - \text{grad}U. \quad (37)$$

3. Energiyanın' saqlanıw nızamı

Energiyanın' saqlanıw nızamı ta'jriyebelerden aling'an na'tiyjelerdi ulıwmalastırıw joli menen shıg'arılğ'an.

Aytayıq, tuyıq sistema ishindegi materiallıq tochka massaları m_1, m_2, \dots, m_n tezlikleri $\vartheta_1, \vartheta_2, \dots, \vartheta_n$ bolsın. Denelerge ta'sir etiwshi konservativ ku'shler F_1, F_2, \dots, F_n h'a'm ten' ta'sir etiwshi sırtqı ku'shler F_1, F_2, \dots, F_n bolsın. $\vartheta \ll s$ bolğ'an h'alda materiallıq tochka massaları turaqlı boladı. Nyutonın' ekinshi nızamına muwapıq

$$\begin{aligned}
m_1 \frac{d\vartheta_1}{dt} &= F'_2 + F_1 \\
m_2 \frac{d\vartheta_2}{dt} &= F'_2 + F_2 \\
&\dots\dots\dots \\
m_n \frac{d\vartheta_n}{dt} &= F'_n + F_n
\end{aligned}
\tag{28}$$

Sistemanın' materiallıq tochkalari dt vaqıt aralıg'ında dx_1, dx_2, \dots, dx_n aralıqlarg'a jılısın. 38 - ten'lemeler sistemasının' h'a'r eki ta'repin dx_1, dx_2, \dots, dx_n g'a ko'beytip h'a'm $dx_1 = \vartheta_1 * dt$ ekenligin esapqa alıp to'mendegini payda etemiz

$$\begin{aligned}
m_1 (\vartheta_1 \cdot d\vartheta_1) - (F'_1 + F_1) dx_1 &= 0 \\
m_2 (\vartheta_2 \cdot d\vartheta_2) - (F'_2 + F_2) dx_2 &= 0
\end{aligned}$$

$$\dots\dots\dots$$

$$m_n (\vartheta_n \cdot d\vartheta_n) - (F'_n + F_n) dx_n = 0$$

Bul ten'lemeler sistemasın qosıp h'a'm sistema tuyıqlıg'ın esapqa alıp, yag'nıy $F_1 + F_2 + \dots + F_n = 0$

$$\sum_{i=1}^n m_i \vartheta_i d\vartheta_i - \sum_{i=1}^n F'_i \cdot dx_i = 0
\tag{39}$$

ni payda etemiz.

39 – ten'liktegi ag'zalardıń birinshisi

$$\sum_{i=1}^n m_i \vartheta_i d\vartheta_i = \sum_{i=1}^n d\left(\frac{m_i \vartheta_i^2}{2}\right) = dE_k
\tag{40}$$

yag'nıy tuyıq sistema kinetikalıq energiyası o'zgerisin belgileydi, h'a'm ekinshisi bolsa

$$\sum_{i=1}^n F_i \cdot dx_i = dE_p
\tag{41}$$

sistemanın' ishki konservativ ku'shleri orınlag'an jumıs - potentsial energiyanı an'latadı. Demek, pu'tin sistema ushın $dE_k + dE_r = 0$ bolıwı kerek. Tuyıq sistemanın' tolıq mexanikalıq energiyası bolsa turaqlı shamag'a ten' boladı.

$$W = E_k + E_r = \text{const}
\tag{42}$$

Bul ten'lik tuyıq sistema ushın mexanikalıq energiyanın' saqlanıw nızamın an'latadı. Bul ten'likke muwapıq tuyıq sistemadag'ı denelerdin' o'zara ta'sir ku'shleri konservativ ku'shlerden ibarat bolsa, sistemanın' mexanikalıq energiyası waqıt o'tiwi menen o'zgermeydi. Tuyıq sistemadag'ı denelerdin' o'zara ta'siri konservativ ku'shlerden ibarat bolsa, sistemanın' mexanikalıq energiyası basqa tu'rdegi energiyag'a aylanbaydı. Bunday sistemag'a tuyıq konservativ sistema delinedi. Dissipativ sistemada sistemanın' mexanikalıq energiyası a'ste - sekin kemeyip basqa tu'rdegi energiyag'a aylanadı. Ta'biyatta barlıq sistema dissipativ boladı.

Solay etip, energiya jog'almaydı h'a'm jan'adan payda bolmaydı, ol tek bir turden ekinshi turge o'tip turadı. Bul nızam materiyanın' barlıq waqıtta qozg'alısta ekenligin h'a'm h'esh qashan jog'almaslıg'ın an'latadı.

Bekkemlew ushın sorawlar:

1. Energiya degende qanday shamanı tu'sinesiz?
2. Kinetikalıq h'a'm potentsial energiya dep nege aytiladı?
3. Mexanikalıq jumıs h'a'm quwat dep nege aytiladı?

4. Aylanbalı qozg'alis bolıp atırǵ'an denenin' orınlag'an jumısı h'a'm kinetikalıq energiyası formulaların aytın'?
5. Potensial energiya menen ku'sh arasında qanday baylanıs bar?
6. Potensial energiya menen awırlıq ku'shi arasında she ?
7. Konservativ h'a'm konservativ emes ku'shlerdi tu'sindirin'.
8. Deformatsiyalang'an denenin' potensial energiyası dep nege ayıldı?
9. Energiyanın' saqlanıw nızamın tu'sindirin'.

5. Mexanikada salıstırmalılıq teoriyası elementleri

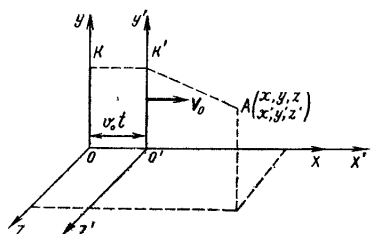
Jobası:

1. Galileydin' salıstırmalılıq printsipi
2. Salıstırmalılıq printsipinin' postulatları
3. Lorents almasırları
4. Relyativistlik dinamikanın' tiykarg'ı nızamı
5. Massa, energiya h'a'm impuls arasındag'ı baylanıs
6. Klassikalıq mexanikanın' qollanıw shegaraları

Tayanış so'z h'a'm tu'sinikler: Sanaq sistema, inertsiyal sanaq sistema, salıstırmalılıqtın' mexanikalıq printsipi, Galiley almasırları, massa, uzınlıq, waqt, tezliklerdi qosıw, Eynshteyn postulatları, Lorents almasırları, Galiley va Lorents almasırları, Lorents qısqarıwı, waqtın' salıstırmalılıg'ı, relyativistlik massa, energiya h'a'm impuls, relyativistlik tezlik, tezliklerdi qosıw nızamı, klassikalıq mexanikanın' qollanıw shegarası.

Galileydin' salıstırmalılıq printsipi

Eger sanaq sistemaları bir-birine salıstırǵ'anda tuwrı sızıqlı ten' o'lshewli qozg'alısta bolsa, bul sistemalar inertsiyal **sanaq sistemaları** dep ataladı. Bunday sanaq sistemalarında Nyuton dinamikasının' barlıq nızamları orınlanadı. Pikrimizdi aydınlastırıw ushın eki sanaq sistemasın teksereyik. K sistemasın tınısh h'alatta dep alıp, ekinshi K' sistema og'an salıstırǵ'anda turaqlı v_0 tezlik penen OX ko'sheri bag'ıtında tuwrı sızıqlı ten' o'lshewli qozg'alsın (1-su'wret). $t=0$ waqtta eki sanaq sisteması bir-birinin' u'stine tu'sedi. Eger waqtta eki sistemasın koordinata basları bir-birinin' u'stine tu'sken momentten baslap esaplasaq, ol waqtta 1-su'wretke muwapıq $X=X' + v_0t$, $U=U'$, $Z=Z'$ boladı. Eki sistemada waqt bir ta'rizde o'tedi ($t=t'$) dep qabil etsek, ol h'alda to'mendegi an'latpalarg'a iye bolamız



1 – su'wret.

$$\left. \begin{aligned} x &= x' + v_0 t \\ y &= y' \\ z &= z' \\ t &= t' \end{aligned} \right\} (1) \quad \left. \begin{aligned} x' &= x - v_0 t \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= t \end{aligned} \right\} (2)$$

(1)- h'a'm (2)-an'latpalar Galiley almasırları dep ataladı. Bul an'latpa o'z gezeginde materiallıq tochkanın' (A) qa'legen momentte eki sanaq sistemasındag'ı koordinataların o'z-ara baylanıstıradı. (1) an'latpalardı waqt boyınsha differentsiallasaq, A tochkanın' K h'a'm K' sanaq sistemalarındag'ı tezlikleri arasındag'ı baylanıstı tabamız

$$\left. \begin{aligned} v_x &= \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(x' + v_0 t) = v'_x + v_0 \\ v_y &= \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(y') = v'_y \\ v_z &= \frac{dz}{dt} = \frac{d}{dt}(z') = v'_z \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Bul an'latpanı vektor ko'rinisinde

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{v}_0 \quad (4)$$

jazıw mu'mkin. (n') an'latpa tezliklerdi qosıw qag'ıydası dep ataladı.

Ulıwma, bir sanaq sistemadan ekinshi sistemag'a o'tkende bazıbir shamanın' ma'nisi o'zgermese, bul shama usı almasırwıg'a salıstırg'anda *invariant* dep ataladı. Ma'selen, uzınlıq ($l = l'$), massa ($m = m'$), ku'sh ($F = F'$), tezleniw ($a = a'$) sıyaqlı shamalar Galiley almasırwlarına salıstırg'anda invariant bolıp tabıladı.

Demek, *tu'rli inertsiyal sanaq sistemalarında barlıq mexanikalıq h'a'diyseler birdey bolıp o'tkenligi sebepli h'ech qanday mexanikalıq ta'jriyebelər ja'rdeminde berilgen sanaq sistemasının' tınısh turg'anlıg'ın yaki tuwrı sızıqlı ten' o'lshewli qozg'alg'anın anıqlap bolmaydı.* Bul printsip Galileydin' salıstırmalıqlıq printsipi bolıp tabıladı.

Salıstırmalıqlıq printsipinin' postulatları

Fizika pa'ninin' tiykarg'ı nızamlarınan bolg'an elektrodinamika nızamların ulıwmalasırwıshı Maksvell ten'lemeleri sisteması a'h'u'o' jıldı jaratıldı. Biraq Maksvell ten'lemeleri Galiley almasırwlarınan paydalanıp, bir inertsiyal sanaq sistemadan ekinshisine o'tkerilse, ten'lemeler absolyut basqasha ko'riniske iye bolıp qalıwı anıqlandı. Bunnan to'mendegi juwmaq kelip shıg'adı, demek, *Maksvell ten'lemeleri Galiley almasırwlarına salıstırg'anda invariant emes eken.*

Usı waqıtları-aq Eyshteyn h'a'm basqa alımlar ta'repinen Maksvell ten'lemelarinin' an'latpaları o'z ko'rinislerin o'zgertpewi ushın jan'a almasırwlardan paydalanıw za'ru'rliğı ayıldı. Eynshteyn bunday almasırwlar to'mendegi eki printsip, yag'niy postulat tiykarında bolıwın aytağı:

I Salıstırmalıqlıq printsipi. *Barlıq inertsiyal sanaq sistemalarında barlıq fizikalıq h'a'diyseler (mexanikalıq, elektromagnitlik, optikalıq h'a'm basqalar) birdey bolıp o'tedi.*

II Jaqtılıq tezliginin' turaqlılıq printsipi. Jaqtılıqtın' boshıqtag'ı tezligi barlıq inertsiyal sanaq sistemalarında birdey bolıp, turaqlı shama bolıp tabıladı.

Galiley almasırwlarıwna muwapıq K sanaq sistemasındag'ı baqlıwshı ushın jaqtılıq tezligi $S+v_0$ bolıwı kerek edi. Biraq, K sanaq sistemasında h'a'm, K^1 sanaq sistemasında h'a'm jaqtılıq tezligi birdey boladı.

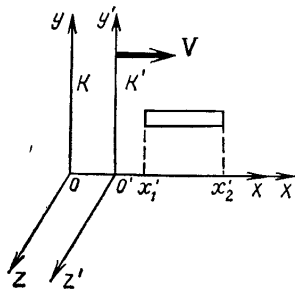
Lorents almasırwları

Joqarıda ko'rip shıqqan salıstırmalıqlıq teoriyasının' printsiplerinen anıqlanıwınsha, klassikalıq mexanikanın' salıstırmalıqlıq printsiplerine sa'ykes bolg'an Galiley almasırwları Eynshteyn postulatların qanaatlandırmaydı. Sonın' ushın salıstırmalıqlıq printsiplerine sa'ykes bolg'an Lorents almasırwlarınan paydalanamız, ol to'mendegishe ko'rinisinde jazıladı:

$$x = \frac{x' + v_0 t'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}; y = y'; z = z'; t = \frac{t' + \frac{v_0}{c^2} x'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} \quad (5)$$

Bul qatnaslardan paydalanıp K' sanaq sistemasındaǵı koordinatalar (x', u', z') h'a'm waqıt (t') dan K sanaq sistemasındaǵı koordinatalar (x, u, z) h'a'm waqıt (t) g'a o'tiw mu'mkin. K sistemadan K' sistemag'a o'tiw ushın (5) an'latpanı to'mendegi ko'rinishinde jazamız:

$$x' = \frac{x - v_0 t}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}; y' = y; z' = z; t' = \frac{t - \frac{v_0}{c^2} x}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} \quad (6)$$



2-su'wret

Joqarıdagı ten'lemelerden ko'rinip turg'anday-aq $v \ll c$ sha'rt orinlang'anda Lorents almasıruwları Galiley almasıruwlarına o'tedi. Endi Lorents almasıruwlarınan kelip shıǵ'atug'm na'tijelerdi ko'rip shıǵ'ayıq.

a) Dene uzınlıǵ'ın o'zgerisi. K sistemag'a salıstırg'anda X bag'ıtında \vec{v} tezlik penen qozg'alıp atırg'an K' sistemada sterjen tınısh h'alatta bolsın. K' sistemada turg'an baqlawshı sterjennin' uzınlıǵ'ı l_0 ge ten' ekanlıǵın aytadı. K sistemadaǵı baqlawshı ushın sterjen \vec{v}_0 tezlik penen qozg'aladı. Qa'legen t' waqıtta sterjen ushlarınan' koordinataları sa'ykes tu'rde X_1' h'a'm X_2' bolsın. Onda sterjen uzınlıǵ'ı K' sistemada $l_0 = X_2' - X_1'$ an'latpa penen anıqlanadı (2-su'wret). K sistemadaǵı baqlawshı ushın sterjen uzınlıǵ'ın ($l = X_2 - X_1$) anıqlayıq. Lorents almasıruwlarına muwapıq X_1 h'a'm X_2 koordinataları sterjennin' K' tag'ı koordinataları X_1' h'a'm X_2' lar to'mendegiche baylanısqa:

$$\begin{aligned} x_1' &= \frac{x_1 - v_0 t}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}; & x_2' &= \frac{x_2 - v_0 t}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} \\ \text{Bunnan} & & \text{yaki} & & l_0 &= \frac{l}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} \\ x_2' - x_1' &= \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} & & & & \\ \text{Demek,} & & & & l &= l_0 \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}} \end{aligned} \quad (7)$$

K sistemadaǵı sterjen uzınlıǵ'ı K' sistemadaǵıg'a salıstırg'anda qısqaraq bolar eken. Bunı uzınlıqtın Lorents qıqarıwı dep ataydı.

b) Waqıt intervalının o'zgerisi. Lorents almasıruwlarına muwapıq t_1 h'a'm t_2 waqıtlar K' sanaq sistemasındaǵı saat boyınsha belgilenetug'in t_1' h'a'm t_2' waqıtlar menen to'mendegiche baylanısqa:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{t_2' - t_1'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} \quad (8)$$

Demek, salıstırmalıq teoriyasına muwapıq bir waqıyanın' o'tiw waqıtı bir-birine salıstırg'anda qozg'alıwshı inertsial sanaq sistemalarında tu'rliche dawam etedi. Bul effekt qozg'alıwshı sanaq sistemalarında waqıt o'tiwiniń a'steleniwı dep ataladı. K' sistemada, yag'nıy qozg'alıstıg'ı sanaq sistemasında waqıttın' o'tiwı tınısh turg'an K sanaq sistemasına salıstırg'anda a'sterek o'tkenligi anıqlandı.

v) Tezliklerdi qosıw. Klassikalıq mexanikada tezliklerdi qosıwda $v = v' + v_0$ ten'lemeden paydalanıw bolsaq, u' lken tezliklerde onnan paydalanıw qa'telikke alıp keledi.

Lorents almasrıwlarınan paydalanıp, tezliklerdin' qosıw qag'ıydasın anıqlayıq. Denenin' K sanaq sistemadag'ı tezligi $v=dx/dt$ bolsa, K' sanaq sistemadag'ı tezligi $v'=dx'/dt'$ ten' boladı. Bulardı anıqlaw ushın Lorents almasrıwların an'latıwshı (5) ten' lemeden tuwındıg'a o'teyik:

$$dx = \frac{dx' + v_0 dt'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}; \quad dt = \frac{dt' + \frac{v_0}{c^2} dx'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}.$$

Bul an'latpalardan paydalanıp tezlikti tabayıq:

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{dx' + v_0 dt'}{dt' + \frac{v_0}{c^2} dx'} = \frac{\frac{dx'}{dt'} + v_0}{1 + \frac{v_0}{c^2} \frac{dx'}{dt'}} = \frac{v' + v_0}{1 + \frac{v_0 v'}{c^2}}. \quad (9)$$

Ma'selen, $v_0 = 2 \cdot 10^8$ m/s, $v' = 1,5 \cdot 10^8$ m/s bolsa, (4)-ge muwapıq $v = v' + v_0 = 3,5 \cdot 10^8$ m/s, yag'nıy $v > s$ bolg'anlıg'ı ushın salıstırmalıq printsipine qayshı boladı. (9)-dan paydalansaq

$$v = \frac{v' + v_0}{1 + \frac{v_0 v'}{c^2}} = \frac{3,5 \cdot 10^8}{1 + \frac{3 \cdot 10^{16}}{9 \cdot 10^{16}}} \approx 262500 \text{ км/с}$$

Eger $v' = v_0 = s$ bolsa

$$v = \frac{v' + v_0}{1 + \frac{v_0 v'}{c^2}} = \frac{c + c}{1 + \frac{c^2}{c^2}} = c.$$

Demek, (9) ten'leme u' lken tezlikler ushın salıstırmalıq teoriyasının' printsipin, yag'nıy jaqtılıq tezliginin' barlıq inertsiyal sistemalarda turaqılıq printsipin tolıq qanaatlandıradı.

Relyativistlik dinamikanın' tiykarg'ı nızamı

Lorents almasrıwlarına tiykarlang'an mexanikanı Nyuton mexanikasınan ayırıw maqsetinde *relyativistlik mexanika* dep ataydı.

Klassikalıq mexanika boyınsha dene massası turaqlı shama. Biraq XX a'sirdin' baslarında u' lken tezliklerde qozg'alıwshı elektronlar u'stinde o'tkerilgen ta'jriyebeler sonnı ko'rsetti, dene massası onın' qozg'alıs tezligine baylanıslı eken, yag'nıy tezlik artıwı menen massa to'mendegi nızamg'a muwapıq artıp baradı:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad (10)$$

bunda m_0 -tınısh h'alattag'ı massa dep ataladı, m - bolsa *relyativistlik massa* dep ayıladı. Dene qozg'alısının' tezligi jaqtılıq tezligine jaqınlasqan sayın relyativistlik effekt keskinrek ko'rinede baslaydı h'a'm dene massası ju'da' tez artıp baradı. $v=s$ da massanın' ma'nisi sheksizlikke umtıladı.

m massalı v tezlikke iye bolg'an denenin' impulsı $\vec{p} = m\vec{v}$ g'a ten'. Bul ten'liktegi m massa ornına relyativistlik massa (a^0) ma'nisin qoysaq, Lorents almasrıwlarına tiykarlang'an *relyativistlik impuls* to'mendegiche anıqlandı:

$$\vec{p} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \cdot \vec{v}. \quad (11)$$

Nyutonnnın' II nızamın esapqa alsaq, ta'sir etiwshi ku'sh impulsın' o'zgeriw tezligine proporsional boladı. Yag'nıy

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Nyuton nızamının' ulıwma ko'rinisi relyativistlik formada to'mendegiche an'latıladı:

$$F = \frac{d}{dt} \left(\frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \right). \quad (12)$$

Bul *relyativistlik dinamikanın' tiykarg'ı nızamının'* an'latpası bolıp, ko'binese materiallıq tochkannı' relyativistlik *dinamikadag'ı qozg'alis ten'lemesi* dep te aytıladı.

Massa, energiya h'a'm impuls arasındag'ı baylanıs

Eynshteyn salıstırmalılıq teoriyasının' en' a'h'miyetli na'tijelerinen biri massa h'a'm energiya arasındag'ı universal baylanıs an'latpası:

$$W = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}. \quad (13)$$

(13) ten'leme tabiattın' fundamental nızamı dep aytıladı. (13) an'latpanı qatarg'a jazsaq h'a'm $v \ll c$ jag'day ushın ekinshi ta'rtipli summalardı itibarg'a almasaq to'mendegini payda etemiz:

$$W = m_0 c^2 + m_0 v^2 / 2 + \dots \quad (14)$$

bunda $m_0 c^2$ - tınısh h'alatdag'ı dene energiyasın, $m_0 v^2 / 2$ - qozg'alıstarg'ı *denenin' kinetikalıq energiyasın* an'latadı. (a'n') an'latpadagi

$$W_0 = m_0 c^2 \quad (15)$$

shama *tınıshlıqtag'ı dene energiyası* dep ataladı. Klassikalıq mexanikada tınıshlıqtag'ı dene energiyası W_0 esapqa alınbaydı, sebebi $v=0$ da dene energiyası nolge ten' boladı.

Relyativistlik kinetikalıq energiya ushın to'mendegi an'latpanı jazamız

$$W_k = mc^2 - m_0 c^2 = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1 \right). \quad (16)$$

mc^2 tı W penen belgilep (a'u') nı to'mendegi formada jazamız:

$$W = mc^2 = m_0 c^2 + W_k. \quad (17)$$

Bul ten'leme Eynshteyn ashqan energiya h'a'm massanın' o'z-ara baylanıs nızamın an'latadı h'a'm denenin' qa'legen h'alatdag'ı tolıq relyativistlik energiyası dep aytıladı. (17) ten'leme o'z gezeginde dene massasının' o'zgerisi onın' energiyasının' o'zgerisi menen birgelikte ju'z beriwın ko'rsetedi.

Endi energiya menen impuls arasındag'ı baylanıstı anıqlayıq. Bunın' ushın relyativistlik massa an'latpasın (10) kvadratqa ko'terip, to'mendegiche o'zgertip jazamız:

$$m^2 c^2 - m^2 v^2 = m_0^2 c^2 \quad (18)$$

Bul an'latpanın' eki ta'repin s^2 g'a ko'beytip, (11), (15) h'a'm (17) lerdi itibarg'a alsaq

$$W^2 = P^2 c^2 + m_0^2 c^4$$

yaki

$$W = \sqrt{P^2 c^2 + m_0^2 c^4} \quad (19)$$

payda boladı. Bul qatnas *tolıq energiya h'a'm impuls arasındag'ı baylanıstı* an'latadı.

(19)-dan kelip shıg'atug'ın juwmaqlardan biri sonnan ibarat, tınısh h'alatta massag'a iye bolmaytug'ın neytrino h'a'm foton sıyaqlı bo'leksheler h'a'm relyativistlik energiyag'a iye bolıwları mu'mkin eken. $m_0=0$ bolsa (19) to'mendegi ko'riniske keledi.

$$W = pc \quad (20)$$

Klassikalıq mexanikanın' qollanıw shegaraları

Relyativistlik mexanika nızamları $v \ll c$ bolg'an jag'daylarda klassikalıq mexanika nızamlarına o'tedi. Mısal ushın ses tezligi ($v_0 \approx 300$ m/s) menen uship atırg'an reaktiv samolet qozg'alısı ushın

$$\frac{v_0^2}{c^2} = \left(\frac{3 \cdot 10^2 \text{ m/c}}{3 \cdot 10^8 \text{ m/c}} \right)^2 = 10^{-12}$$

qatnasın payda etemiz.

Kosmik tezliklerde qozg'alıp atırg'an kemeler ushın $\frac{v_0^2}{c^2} \sim 10^{-9}$ a'tirapında boladı.

Demek, $v_0 \ll c$ bolg'an jag'daylarda $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ nin' ma'nisi 1 den derlik pariqlanbaydı eken. Sonın' ushın kishi tezliklerde Lorents almasırları Galiley almasırlarına o'tedi. Klassik mexanika kishi tezliklerde $\frac{v_0^2}{c^2} \ll 1$ sha'rt orımlang'anda orınlı boladı, bul h'al o'z gezeginde klassikalıq mexanikanın' qollanıw shegarasın belgileydi. Solay etip, kishi tezliklerde klassik mexanika relyativistlik mexanikanın' dara jag'dayı bolıp tabıladı.

Biraq elektronlar menen bolg'an ta'jriyelerde usı na'rse anıqlandı, klassikalıq mexanika ko'z-qaraslarına qayshı keletug'ın denenin' massası turaqlı shama emes eken, ba'liki tezlik artıwı menen relyativistlik dinamika nızamı tiykarında artadı eken.

Onsha u'lken bolmag'an qozg'alıs tezliklerinde (3000 km/s shekemgi tezliklerde) denenin' massası derlik o'zgermeydi. u'lken tezliklerde massa sezilerli artıp ketedi, ma'selen, $v=270000$ km/s da tınısh h'alatdag'ı massadan eki ma'rtege artıp ketedi.

Massa h'a'm energiyanın' o'zara baylanıslıg'ı nızamınan' an'latpasındag'ı, S^g tın' san ma'nisi juda u'lken bolg'anlıg'ı ushın dene energiyasının' o'zgerisi juda u'lken bolg'anda h'a'm massanın' o'zgerisi ju'da' kishi a'melde bayqap bolmaytug'ın da'rejede boladı. Ma'selen, Ayg'a qaray ekinshi kosmik tezlik $v_g = 11,2$ km/s penen ushırılğ'an tınısh h'alatdag'ı massası $m_0 = 1500$ kg bolg'an kosmik raketanın' energiyası

$$\Delta W = \frac{m_0 v_g^2}{2} = \frac{1500 \cdot 11200^2}{2} = 9,4 \cdot 10^{10} \text{ Dj}$$

g'a artadı, onın' massası bolsa

$$\Delta m = \frac{9,4 \cdot 10^{10}}{(3 \cdot 10^8)^2} \approx 10^{-6} \text{ kg}$$

g'ana artadı.

Solay etip, raketa massasının' salıstırmalı o'zgerisi

$$\frac{\Delta m}{m_0} = \frac{10^{-6}}{1500} < 10^{-9} = 10^{-7}\%$$

bunı eksperimental jol menen anıqlap bolmaydı.

Sonlıqtan massa h'a'm energiyanın' o'zara baylanıslıq nızamı tek g'ana mikroa'lem h'a'diyselerinde, yag'nıy yadro protsesslerinde h'a'm elementar bo'lekshelerdin' bir tu'rden ekinshi tu'rge aylanıwında eksperimental tekseriw mu'mkin.

A'sirese, yadro reaksiyalarında massanın' energiya penen o'zara baylanısı ju'da' sezilerli boladı.

Solay etip, salıstırmalılıq teoriyası Galiley, Nyuton h'a'm basqa alımlar ta'repinen tiykarlang'an klassikalıq mexanikanın' nızam h'a'm printsiplerin biykarlamaydı, kerisinshe olardı rawajlandıradı h'a'm ulıwmalastıradı h'a'mde klassikalıq mexanikanın' qollanıw shegaraların belgilep beredi.

Bekkemlew ushın sorawlar:

1. Qanday sanaq sistemaları inertsiyal sanaq sistemaları dep ataladı?
2. Salıstırmalılıqtın' mexanikalıq printsipi qanday ta'riyplenedi?
3. Galiley alıstırıwların tu'sindirin'?
4. Eynshteynnin' salıstırmalılıq printsipleri nelerden ibarat?
5. Lorents alıstırıwların tu'sindirin'?
6. Galiley h'a'm Lorents alıstırıwlarının' parqı neden ibarat?
7. Uzunlıq, waqıt aralıg'ı h'a'm massanın' salıstırmalılıg'ı an'latıladı?
8. Massa h'a'm energiya o'zara qanday baylanısqan?
9. Tınıshlıqtag'ı energiya ma'nisi neden ibarat?
10. Klassikalıq mexanikanın' qollanıw shegarasının' ma'nisin tu'sindirin'.

6. Mexanikalıq terbelisler h'a'm tolqınlar

Jobası:

1. Mexanikalıq garmonik terbelisler ten'lemesi
2. Mayatnikler
3. Birdey bag'ıttag'ı terbelislerdi qosıw
4. Garmonikalıq terbelisler energiyası
5. So'niwshi h'a'm ma'jbu'riy terbelisler. Rezonans
6. Tolqınlı protsessler

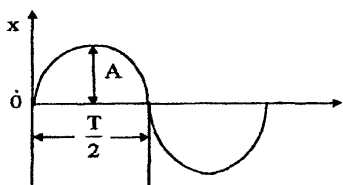
Tayanısh so'z h'a'm tu'sinikler: terbelmeli qozg'alis, garmonikalıq terbelis, terbelis amplitudası, jiyiligi, periodı, prujinalı mayatnik, matematikalıq mayatnik, fizikalıq mayatnik, terbelislerdi qosıw, garmonikalıq terbelisler energiyası, so'niwshi h'a'm ma'jbu'riy terbelisler, rezonans, tolqınlı protsessler, ko'ldeneni h'a'm boylama tolqınlar

Mexanikalıq garmonik terbelisler ten'lemesi

Bazı bir materiallıq tochkannın' ten'salmaqlıq h'alatınan da'slep bir ta'repge, son' ekinshi ta'repge periodlıq ta'kirarlanıwshı qozg'alis **terbelmeli qozg'alis** dep ataladı. Qozg'alıstın' bul tu'rin biz tabiyatta, texnikada ju'da' ko'p ushratamız. Ma'selen, saat mayatniginin', telefonlardın' membranaları terbelisleri, puw dwigatelleri h'a'm ishten janıw dwigatellerinin' porshenleri qozg'alısların aytıwımız mu'mkin. Terbelislerdin' en' a'piwayı tu'ri **garmonikalıq terbelisler**. Denenin' qozg'alis traektoriyasının' waqıt boyınsha o'zgerisi sinus yaki kosinuslar nızamı boyınsha o'zgeretug'in terbelislerge **garmonikalıq terbelisler** delinedi.

$$\text{yaki} \quad \begin{aligned} x &= A \sin(\omega t + \alpha) \\ x &= A \cos(\omega t + \alpha) \end{aligned} \quad (1)$$

Bunda x – denenin' awısıwı, A – denenin' ten'salmaqlıq jag'dayınan maksimal awısıwı bolıp, **onu terbelis amplitudası dep ataydı**. Sinus yaki kosinustın' en' u'lken ma'nisi birge ten' bolg'anı ushın $X_{\text{maks}}=A$ boladı ; $(\omega t + \alpha)$ – garmonikalıq terbelistın' fazası, α - terbelistın' da'slepki fazası dep ataladı;
 $\omega = \frac{2\pi}{T}$ berilgen terbelis ushın turaqlı bolıp, garmonikalıq terbelistın' tsikllıq jiyiligi delinedi. $\alpha=0$ bolg'an jag'day ushın



1–su'wret.

(1) ten'leme menen an'latılǵ'an garmonikalıq terbelisler grafigi 1—su'wrette ko'rsetilgen.

Terbelmeli qozǵ'alıstag'ı denenin' ten'salmaqlıq jag'dayınan en' shetke shıǵ'ıwı **auısıw** dep ataladı. Denenin' bir tolıq terbelisi a'melge asıwı ushın ketken waqıt **period (T)** dep ataladı.

Terbeliwshi dene bir period ishinde to'rt amplitudag'a ten' bolǵ'an joldı basıp o'tedi. Eger t waqıtta dene n ma'rte terbeletug'ın bolsa, onın' periodı

$$T = \frac{t}{n} \quad (2)$$

g'a ten' boladı. Birlik waqıt dawamındag'ı terbelisler sanı

$$\nu = \frac{1}{T} \quad \left(\frac{1}{s} = 1Gts \right) \quad (3)$$

jiyilik dep ataladı. SI da period *sekundlarda*, jiyilik bolsa *Gertslarda* o'lishenedi. Tsikllıq h'a'm sıziqlı jiyilikler arasında to'mendegishe baylanıs bar:

$$\omega = 2\pi\nu \quad (4)$$

bunda $\omega - 2\pi$ sekund ishindegi terbelisler sanın an'latadı.

Terbeliwshi denege ta'sir etiwshi ku'sh awısıwg'a proporsional, biraq ku'sh awısıwg'a kerı bag'ıtlang'an:

$$F = -kx \quad (5)$$

(5) an'latpa terbelmeli qozǵ'alıs ushın Guk nızamı deb ayıladı. Bunda k – prujınanın' *qattılıǵı* delinedi. Nyutonnın' ekinshi nızamınan paydalansaq (5) to'mendegi ko'riniste jazıladı:

$$ma = -kx \quad (6)$$

Bundag'ı $a = \frac{d^2x}{dt^2}$ ten' ekenligin itibarg'a alsaq, (6) an'latpa to'mendegi ko'riniske keledi:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx \quad \text{yaki} \quad \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0 \quad (7)$$

Bunda k h'a'm m on' shamalar bolǵ'anlıǵı ushın

$$\frac{k}{m} = \omega_0^2 \quad (8)$$

dep belgilesek (7) an'latpa

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2x = 0 \quad (9)$$

ko'rinisti aladı. (9) an'latpa ekinshi ta'rtpi differentsial ten'leme bolıp, onın' shechimi

$$x = A \cos(\omega_0 t + \alpha) \quad (10)$$

ko'riniste boladı. Bul an'latpa (1) ten'lemenin' o'zi, bunda A – amplituda, x – awısıw, $(\omega_0 t + \alpha)$ - terbelis fazası, α - bolsa da'slepki fazası.

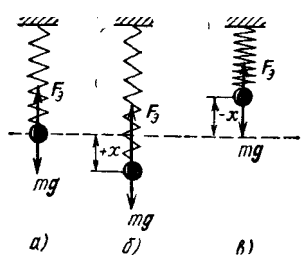
Demek, joqarıda bayan etilgen pikirlerimizdi ulıwmalastırıp, garmonikalıq terbeliske ja'ne bir to'mendegi anıqlamanı beriw orınlı boladı: *Denenin' awısıwg'a proporsional, ten'salmaqlıq jag'dayına qaray bag'ıtlang'an ku'sh ta'sirindegi terbelisleri garmonikalıq terbelisler dep ataladı.*

(10)-dag'ı ω_0 -terbelistin' **menshikli** tsikllıq jiyiligi dep ataladı. Menshikli terbelis periodı (T_0) menen ω_0 dın' qatnası to'mendegishe an'latıladı:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} \quad (11)$$

Mayatnikler

Ten'salmaqlıq jag'dayı do'geresinde terbelmeli qozǵ'alıstag'ı qattı dene **mayatnik** dep ataladı. Prujinalı, matematikalıq h'a'm fizikalıq mayatniklerdin' terbelis nızamlılıqları menen tanısıp o'teyik.



2-su'wret

1. Prujinalı mayatnik.

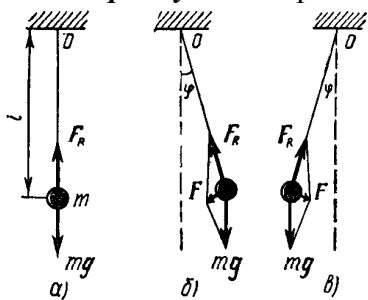
Prujinag'a asılg'an m-massalı shardan ibarat sistemani qarap o'teyik (2-su'wret). Ten'salmaqlıq jag'dayında mg awırlıq ku'shi F_s serippelik ($F_s = -kx$) ku'shi menen ten'lesedi. Sırttan ta'sir bolmag'ansha mayatnik o'zinin' ten'salmaqlıq jag'dayın saqlay beredi. Eger shardı to'menge $x > 0$ aralıqqa tartıp onı ten'salmaqlıq jag'dayınan shıg'arsaq (2b – su'wret), ju'ktin' awırlıq ku'shi prujinanın' serippelik ku'shinen kishi bolıp qaladı, F_s ku'shi bolsa ten'salmaqlıq jag'dayına qaray bag'itlang'an boladı ($F_s < 0$). Shar ten'salmaqlıq jag'dayına jetkennen,

inertiya sebepli qozg'alısın dawam ettiredi, na'tiyjede $x < 0$ bolg'anda ku'sh ($F_s > 0$) boladı, (2v-su'wret) prujina qısıladı. Bul jag'dayda ju'kke ta'sir etiwshi juwmaqlawshı ku'sh, ja'ne ten'salmaqlıq jag'dayına qaray bag'itlang'an boladı. Usı ta'rizde ten'salmaqlıq jag'dayınan shıg'arılğ'an prujinalı mayatniktin' terbelisleri a'melge asadı. (8) h'a'm (11) an'latpalardan paydalanıp prujinalı mayatniktin' terbelis periodı ushın

$$T_n = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (12)$$

formulanı payda etemiz.

2. Matematikalıq mayatnik. Sozılmaytug'ın salmaqısız jipke asılg'an awırlıq ku'shi ta'sirinde vertikal tekisliktegi shen'ber dog'ası boylap terbele alatug'ın materiallıq tochka **matematikalıq mayatnik** dep ataladı (3-su'wret).



3-su'wret.

Mayatnik jibi vertikal jag'dayda bolsa, sharg'a ta'sir etiwshi awırlıq ku'shi ($m\vec{g}$) jiptin' keriliw ku'shi (\vec{F}_R) menen ten'lesedi. Biraq mayatnikti ten'salmaqlıq jag'dayınan bazı bir φ mu'yeshke awıstırg'anda awırlıq ku'shi ($m\vec{g}$) h'a'm jiptin' keriliw ku'shi (\vec{F}_R) bir tuwrı sıızıqta jatpaydı. Na'tiyjede olardıń ten' ta'sir etiwshi ku'shi $\vec{F} = m\vec{g} + \vec{F}_R$ payda boladı. Mayatnik on' ta'repke awısqan

h'alda (3b-su'wret) \vec{F} shap ta'repke bag'itlang'an,

mayatnik shap ta'repke awısqan h'alda (3v-su'wret) \vec{F} on' ta'repke bag'itlang'an boladı.

Demek,

$$F = -mg \sin \varphi \quad (13)$$

Bul ku'sh ta'sirinde shar l radiuslı shen'ber dog'ası boylap ten'salmaqlıq jag'dayına qaray qozg'aladı. Mayatniktin' bul qozg'alısı aylanbalı qozg'alıs dinamikasının' tiykarg'ı ten'lemesi

$$I\varepsilon = M \quad (14)$$

menen xarakterlenedi. Bunda I – shardıń aylanıw ko'sherine salıstırg'anda inertiya momenti, ε – onın' mu'yeshlik tezleniwi, M bolsa F ku'shtin' O ko'sherge salıstırg'andag'ı momenti bolg'anı ushın

$$I = ml^2, \varepsilon = \frac{d^2\varphi}{dt^2}, M = -mg l \sin \varphi$$

an'latpalarınan paydalanıp (14) ni to'mendegi ko'riniste jazıw mu'mkin:

$$ml^2 \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -mgl \sin \varphi \quad \text{eku} \quad \frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{g}{l} \sin \varphi = 0 \quad (15)$$

φ mu'yesh kishi bolg'anda. $\sin \varphi$ di φ menen almasıtırıw mu'mkin. Na'tiyjede (15) an'latpa

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{g}{l} \varphi = 0$$

ko'rinishe keledi:

$$\frac{g}{l} = \omega_0^2 \quad (16)$$

belgilew kiritsek:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \omega_0^2\varphi = 0 \quad (17)$$

ten'lemeni payda etemiz. Bul ten'lemenin' sheshimi

$$\varphi = \varphi_m \cos(\omega t + \alpha) \quad (18)$$

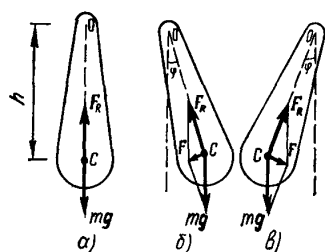
ko'riniste boladı. (18) den paydalanıp matematikalıq mayatnik terbelis periodı

$$T_M = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (19)$$

formula menen anıqlang'anın tabamız.

Demek, kishi awısıw mu'yeshlerinde matematikalıq mayatniktin' terbelis periodı mayatnik uzınlıg'ının' kvadrat korenine tuwrı proporsional, erkin tu'siw tezleniwini' kvadrat korenine kerı proporsional bolıp, mayatnik terbelislerinin' amplitudasına h'a'm massasına baylanısı emes. Sonday-aq, matematikalıq mayatniktin' terbelis tegisligi o'zgerissiz qaladı.

3. Fizikalıq mayatnik – degende inertsiya orayman o'tpeytug'm gorizontol qozg'almaytug'm aylanıw ko'sheri do'geresinde awırlıq ku'shi ta'sirinde qozg'alısta bolatug'm qattı dene tu'siniledi. Aylanıw ko'sheri fizikalıq mayatniktin' asılıw ko'sheri dep ataladı. Fizikalıq mayatniktin' inertsiya orayman (S) asılıw ko'sherine o'tkerilgen perpendikulyar (OS) vertikal sıziq penen sa'ykes tu'sken h'alda mayatnik ten'salmaqlıq jag'dayında boladı (4a-suwret).



4-suwret.

Ten'salmaqlıq jag'dayınan bazı bir mu'yeshke awıstırılğ'anda (4b yaki 4v-su'wret) \vec{mg} h'a'm \vec{F}_R ku'shlerdin' ten' ta'sir etiwshisi fizikalıq mayatniktin' ten'salmaqlıq jag'dayına qaray qaytarıwğ'a umitılıwshı \vec{F} ku'shi boladı. Fizik mayatniktin' qozg'alısı ushın aylanba qozg'alıs dinamikasınıń tiykarğ'ı ten'lemesi

$$I \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -mgh \sin \varphi \quad (20)$$

formada jazıladı. Bunda I – fizikalıq mayatniktin' asılıw ko'sherine salıstırğ'anda inertsiya momenti, m -massası, h – bolsa fizikalıq mayatniktin' asılıw ko'sheri h'a'm inertsiya orayı arasındag'ı aralıq. Kishi terbelisler ushın $\sin \varphi \approx \varphi$ ekenligin esapqa alsaq, (20)-an'latpa to'mendegishe jazıladı:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{mgh}{I} \varphi = 0$$

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \omega_0^2 \varphi = 0 \quad (21)$$

$$\omega_0^2 = \frac{mgh}{I} \quad (22)$$

dep belgilemeymiz.

Solay etip, fizikalıq mayatniktin' terbelis periodı

$$T_\varphi = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgh}} \quad (23)$$

formula menen anıqlanadı. (19) h'a'm (23) lerdı salıstırıp

$$l_k = \frac{I}{mh} \quad (24)$$

fizikalıq mayatniktin' keltirilgen uzınlıg'ın (l_k) tabamız. Solay etip, fizikalıq mayatniktin' keltirilgen uzınlıg'ı sonday matematikalıq mayatniktin' uzınlıg'ınan ibarat, bul mayatniktin' terbelis periodı berilgen fizikalıq mayatniktin' terbelis periodına ten' boladı.

(12), (19) h'a'm (23) an'latpalar tiykarında to'mendegi juwmaqqa kelemiz: prujinalı mayatnik, matematikalıq h'a'm fizikalıq mayatnikler ushın ulıwma qa'siyet sonnan ibarat, mayatniklerdin' kishi terbelislerinde, yag'nıy garmonikalıq terbelisler bolıp atırg'anda terbelis periodı, amplitudag'a baylanıslı emes. Mayatniklerdin' bul qa'siyeti **izoxronlıq** dep ataladı. Bul ko'rip o'tilgen mayatnikler texnikanın' turli tarawlarında qollanıladı.

Birdey bag'ıttag'ı terbelislerdi qosıw

Bag'ıtları h'a'm jiyilikleri birdey, biraq amplituda h'a'm da'slepki fazaları h'a'r qıylı bolg'an eki garmonikalıq terbelislerdin' qosılıwın qarap o'teyik. Terbeliwshi denenin' x awısıwı to'mendegi x_a , h'a'm x_b , awısıwıların' jıyındısına ibarat boladı:

$$\begin{aligned} x_1 &= A_1 \cos(\omega_0 t + \alpha_1) \\ x_2 &= A_2 \cos(\omega_0 t + \alpha_2) \end{aligned} \quad (25)$$

Bul terbelislerdi qosıwda amplitudaların' vektorlar diagrammasınan paydalanamız. Vektorların' qosıw qag'ıydasına muwapiq juwmaqlawshı A vektordı sızaıyq. Bul vektordın' x ko'sherine proektsiyası, qosılıwshı vektorlar proektsiyaların' jıyındısına ten', yag'nıy

$$x = x_1 + x_2$$

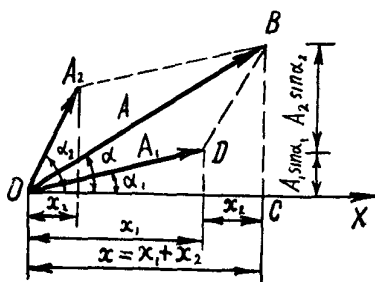
ekenliginin 5-su'wretten ko'riwge boladı.

Demek, A vektor juwmaqlawshı terbelis amplitudası. Bul vektorda A_1 h'a'm A_2 vektorlar sıyaqlı ω_0 mu'yeshlik tezlik penen aylanadı.

A nın' ma'nisin bolsa kosinuslar teoremasınan paydalanıp tabıw mu'mkin.

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 - 2A_1A_2 \cos[\pi - (\alpha_2 - \alpha_1)] = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1) \quad (26)$$

α nın' ma'nisin OVS u'shmu'yeshlikten anıqlaymız:



5 – su'wret.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{BC}{OC} = \frac{A_1 \sin \alpha_1 + A_2 \sin \alpha_2}{A_1 \cos \alpha_1 + A_2 \cos \alpha_2} \quad (27)$$

Solay etip, garmonikalıq terbelislerdi vektorlar ja'rdeminde su'wretlew usulı, bir neche terbelislerdi qosıwdı, vektorların' qosıw qag'ıydasına keltiriwge imkan beredi eken. Demek, juwmaqlawshı terbelmeli qozg'alısta ω_0 jiyilik penen qosılıwshı terbelisler bag'ıtında a'melge asıwshı garmonikalıq terbelis boladı, onın' ten'lemesi

$$x = A \cos(\omega_0 t + \alpha) \quad (28)$$

bolıp, A h'a'm α nın' ma'nisleri (26) h'a'm (27) an'latpalar menen anıqlanadı.

Garmonikalıq terbelisler energiyası

Biz joqarıda mayatniklerdin' terbelis protsessinde olardıń kinetikalıq energiyası potentsial energiyag'a h'a'm kerisinshe, potentsiallıq energiya bolsa kinetikalıq energiyag'a aylanıp

turivina itibar bermedik. Endi garmonikalıq terbelisler energiyasın anıqlayıq. Massası m bolg'an materialıq tochka serippelik ku'shi ta'sirinde garmonikalıq terbelmeli qozg'alıs jasaydı.

$$F = -kx$$

Qozg'alıs dawamında materialıq tochka ma'lim bir tezlikke erisedi, demek ol ma'lim kinetikalıq energiyag'a iye boladı.

$$W_k = \frac{1}{2}mv^2$$

Biraq garmonikalıq terbelmeli qozg'alıstag'ı materialıq tochkanın' tezligi ushın

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} [A \cos(\omega_0 t + \alpha)] = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \alpha) \quad (29)$$

an'latpa payda boladı. Ol jag'dayda kinetikalıq energiya formulası:

$$W_k = \frac{1}{2}m\omega_0^2 A^2 \sin^2(\omega_0 t + \alpha) \quad (30)$$

ko'riniste jazıladı.

Potentsial energiya ma'nisi bolsa

$$W_n = \int_0^x |F| dx = \int_0^x kx dx = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2 \cos^2(\omega_0 t + \alpha) \quad (31)$$

(30) h'a'm (31) an'latpalarındag'ı sinus h'a'm kosinustın' maksimal ma'nisi 1 ge ten'. Sonın' ushın kinetikalıq h'a'm potentsiallıq energiyaların' maksimal ma'nisleri to'mendegishe:

$$W_k = \frac{1}{2}m\omega_0^2 A^2, \quad (32)$$

$$W_n = \frac{1}{2}kA^2 \quad (33)$$

Garmonikalıq terbelmeli qozg'alıstag'ı materialıq tochkanın' qa'legen jag'daydag'ı tolıq energiyası kinetikalıq h'a'm potentsiallıq energiyaların' jıymdısınan ibarat:

$$W = W_k + W_n = \frac{1}{2}m\omega_0^2 A^2 \sin^2(\omega_0 t + \alpha) + \frac{1}{2}kA^2 \cos^2(\omega_0 t + \alpha)$$

$k = m\omega_0^2$ ten' ekenligine esapqa alsaq tolıq energiya ushın

$$W = \frac{1}{2}m\omega_0^2 A^2 \text{ yaki } W = \frac{1}{2}kA^2 \quad (34)$$

forulanı payda etemiz.

Bunı (32) h'a'm (33) menen salıstırıp, to'mendegi juwmaqqa kelamiz: terbeliwshi sistemannın' qa'legen jag'daydag'ı tolıq energiyası o'zgermeydi h'a'm ol kinetikalıq yaki potentsial energiyannın' maksimal ma'nisine ten' boladı.

So'niwshi h'a'm ma'jbu'riy terbelisler. Rezonans

So'niwshi terbelisler. Eger mayatnik ten'salmaqlıq jag'dayman shıg'arılıp, son' qoyıp jiberilse, onda mayatnik tek g'ana da'slepki berilgen energiya esabınan qanday-da bir waqıt terbelip turadı. Mayatniktin' bunday terbelisleri erkin terbelisler yaki menshikli terbelisler delinedi. Praktikada h'awannın' qarsılıg'ı h'a'm su'ykelistin' bolıwı mayatnik terbelisler

amplitudasın waqıttın' o'tiwi menen kemeyiwine alıp keledi. *Waqıttın' o'tiwi menen amplitudası kemeyip baratug'ın terbelisler so'niwshi terbelisler dep ataladı.*

Kishi tezliklerde h'awanın' qarsılıq ku'shi tezlikke proporsional, biraq og'an kerı bag'ıtlang'an boladı:

$$F_k = -rV = -r \frac{dx}{dt} \quad (35)$$

bunda r – qarsılıq koeffitsienti dep ataladı.

Terbeliwshi dene ushın Nyutonnnın' ekinshi nızamınan paydalansaq, na'tiyjede so'niwshi terbelisti xarakterleytug'ın ten'leme

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx - r \frac{dx}{dt} \quad (36)$$

ko'rinisinde jazıladı. Bul ten'lemenin' eki ta'repin m g'a bo'lsek h'a'm

$$\frac{k}{m} = \omega_0^2 \quad ; \quad \frac{r}{m} = 2\beta \quad (37)$$

belgilewlerden paydalansaq, to'mendegi qatnastı payda etemiz:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0 \quad (38)$$

Bul ten'lemenin' sheshimi $\beta < \omega_0$ bolg'an h'al ushın to'mendegishe boladı:

$$x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega_c t + \alpha) \quad (39)$$

Bundag'ı ω_c - so'niwshi terbelis jiyiligi, onın' ma'nisi

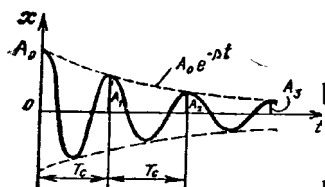
$$\omega_c = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} \quad (40)$$

an'latpa menen anıqlanadı. Tek bir dara jag'dayda, yag'nıy $\beta = \frac{r}{2m} = 0$ bolg'anda $\omega_c = \omega_0$ boladı. So'niwshi terbelis periodı (T_s) bolsa menshik terbelis periodı (T_0) dan u'lken:

$$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}} > T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} \quad (41)$$

so'niwshi terbelislerdin' amplitudası bolsa waqıttın' o'tiwi menen

$$A = A_0 e^{-\beta t} \quad (42)$$

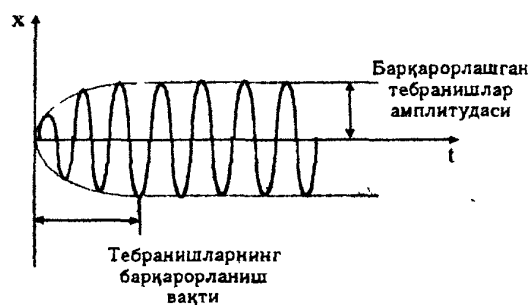


6 –suwret.

nızam boyınsha kemeyip baradı (6– su'wret). Bunda A_0 – baslang'ısh amplituda, β bolsa so'niw koeffitsienti dep ataladı.

Amplitudanın' kemeyip barıwı 6 – su'wrette punktir sıziq penen ko'rsetilgen.

Ma'jbu'riy terbelisler. Mayatniktin' terbelisleri toqtamawı ushın qorshag'an ortalıqqa ketip atırug'an energiyanı u'zliksiz qayta tiklep turıw kerek, yag'nıy mayatnikke periodlı o'zgerip turıwshı ku'sh penen ta'sir etip turıw kerek. Periodlı tu'rde o'zgerip turatug'ın bunday sırtqı ku'shti ***ma'jbu'r etiwshi ku'sh*** dep ataydı. Materiallıq tochkag'a garmonikalıq nızam boyınsha o'zgeriwshi



$$F = F_0 \cos \omega t$$

ku'sh ta'sir etsin. Dinamikanin' ekinshi nizamina muvapiq, materialliq tochkann' bul jag'daydag'ı qozg'alıs ten'lemesin to'mendegishe jazıwımız mu'mkin:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx - r \frac{dx}{dt} + F_0 \cos \omega t$$

yaki

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0 x = \frac{F_0}{m} \cos \omega t \quad (43)$$

(43) ten'lemenin' shechimi bolsa ma'jbu'r etiwshi ku'sh jiyiligi ω menen bolatug'ın terbelislerdi ko'rsetedi. Bul terbelislerdi materialliq tochkann' ma'jbu'riy terbelisleri dep ataydı. (7-su'wret)

Materialliq tochkann' menshikli terbelisleri ma'jbu'r etiwshi ku'sh ta'sir ete baslag'an da'slepki momentte ju'zege keledi h'a'm eksponentsial nizam boyınsha so'nedi. (43) ten'lemenin' sheshimi:

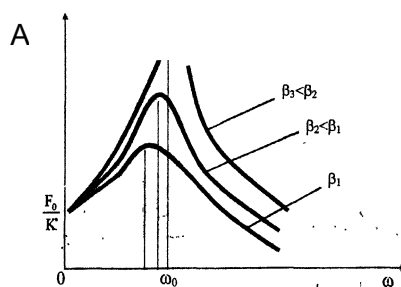
$$x = A \cos(\omega t + \alpha) \quad (44)$$

qatnası menen anıqlanadı. Bundag'ı A ma'jbu'riy terbelisler amplitudası, onın' ma'nisin:

$$A = \frac{F_0}{m \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}} \quad (45)$$

formula ja'rdeminde esaplaw mu'mkin. α bolsa ma'jbu'r etiwshi ku'sh h'a'm ma'jbu'riy terbelis fazalarının' ayırması, onın' ma'nisi:

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{2\beta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2} \quad (46)$$



8 - suwret

formula ja'rdeminde esaplanadı.

Rezonans h'a'diyesi. Eger $\omega=0$ bolg'anda, yag'nıy ma'jbu'r etiwshi ku'shtin' ma'nisi o'zgermeginde (45)-an'latpadan

$$A = \frac{F_0}{m\omega_0^2} = \frac{F_0}{K} \quad (47)$$

kelip shıg'adı. $\omega \rightarrow \infty$ bolsa, (45) ge muvapiq, amplituda nolge umtiladı. 8-su'wretten ko'rinip tur, ω nın bazı bir aralıq ma'nisinde amplituda maksimal ma'niske jetedi. Bul h'a'diyse, yag'nıy ma'jbu'r etiwshi ku'sh jiyiliginin' bazı bir anıq ma'nisinde ma'jbu'riy terbelisler amplitudasının' keskin artıp ketiwi **rezonans h'a'diyesi** dep ataladı.

Rezonans h'a'diyesi ju'zege kelgen jag'daydag'ı ma'jbu'r etiwshi ku'shtin' jiyiligi **rezonans jiyiligi** dep, amplitudanin' maksimal ma'nisi bolsa **rezonans amplitudası** dep ataladı.

Rezonans h'a'diyse ju'zege kelgende (45) an'latpa maksimal ma'niske jetedi, biraq bul h'alda bul an'latpadag'ı bo'lshektin' bo'limi minimal ma'niske erisiwi lazim. Sonın' ushın (45) nin' bo'liminen ω boyınsha tuwindı alıp, onı nolge ten'eymiz:

$$\text{yaki} \quad \begin{aligned} -2(\omega_0^2 - \omega^2)2\omega + 8\beta^2\omega &= 0 \\ -(\omega_0^2 - \omega^2) + 2\beta^2 &= 0 \end{aligned}$$

bunnan

$$\omega = \omega_p = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2} \quad (48)$$

Rezonans jiyiliginin' bul ma'nisin (n'o') qoysaq, rezonans amplituda ma'nisin tabamız:

$$A_p = \frac{F_0}{2m\beta\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}} \quad (49)$$

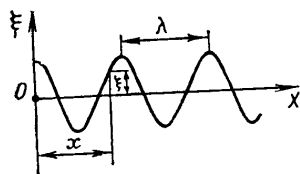
Demek, rezonans jiyilik h'a'm rezonans amplituda β g'a baylanıslı. β kemeygen sayın ω_r artıp baradı h'a'm menshikli terbelisler jiyiligi (ω_0) g'a jaqınlasıp baradı. $\beta=0$ bolg'anda bolsa rezonans amplitudasının' ma'nisi sheksiz u'lken bolıp ketadi. Real jag'daylarda rezonans amplitudası shekli ma'niske iye boladı, sebebi real sharayatlarda $\beta \neq 0$ boladı.

Tolqınlı protsessler

Eger ortalıqtın' qandayda bir tochkası terbelmeli qozg'alısqa keltirilse, onda bazı bir waqıt o'tiwi menen bul ortalıqtın' basqa tochkaları da terbele baslaydı, yag'nıy terbelis pu'tin ortalıqqa tarqaladı. Biraq ortalıqtın' tochkaları terbelis dereklerinden uzaqlasıp barg'an sayın keyingi tochkalardıń terbelmeli qozg'alısı aldın'g'ısınan kechigedi, yag'nıy ortalıqtın' h'a'r bir tochkasının' terbelisi aldın'g'ı tochka terbelisinen faza jag'man arqada qaladı.

Terbelislerdin' ken'islikte tarqalıwı *tolqınlı qozg'alıs* delinedi. Terbelislerdin' ortalıqta tarqalıw protsessi *tolqın* dep ataladı. Tolqın tarqalıp atırg'an waqıtta ortalıqtın' bo'leksheleri tolqın menen birge ko'shpesten, ba'лки o'zinin' ten'salmaqlıq jag'dayı do'gereginde terbeledi. Tolqının' tarqalıw bag'ıtı *nur* dep, qa'legen t waqıtta terbelisler jetip kelgen ortalıq bo'lekshelerinin' geometriyalıq orınları bolsa *tolqın frontı* dep ataladı. O'z gezeginde, tolqın frontın ortalıqtın' terbeliwshi bo'lekshelerinin' terbelisi ele baslanbag'an bo'lekshelerden ajratıp turıwshı shegaralıq bet sıpatında ko'z aldımızg'a keltiriw mu'mkin. Tolqın frontının' forması ortalıq qa'siyetleri, terbelis dereginin' forması h'a'm o'lshemlerine baylanıslı. Ma'selen, tochkalıq terbelis dereginen tarqalıp atırg'an tolqınlardıń frontı *sferik formada* boladı. Onnan tarqalıp atırg'an tolqınlar bolsa *sferik tolqınlar* dep at alg'an. Eger terbelis deregi tegislik formasında bolsa, derekke jaqın oblastlardag'ı tolqın frontı da tegislikten ibarat boladı. Sol sebepli bul tolqınlar *tegis tolqınlar* dep ataladı. Eki jag'dayda da nur tuwrı sıziq bolıp, ol tolqın frontına perpendikulyar boladı. Bo'lekshelerdin' terbelisi tolqın tarqalıp atırg'an bag'ıtga salıstırg'anda qanday bag'ıtlang'anlıg'ına qarap tolqınlar *boylama* h'a'm *ko'ldeneni* tolqınlarg'a bo'linedi.

Eger ortalıq bo'lekshesinin' terbelisi tolqının' tarqalıw bag'ıtında bolsa, bunday tolqınlarg'a *boylama tolqınlar* delinedi. Boylama tolqing'a misal etip qısılg'an prujinanın' terbelisleri, ses tolqınları h'a'm t.b. alıw mu'mkin. Boylama tolqınlar serippeli zatta qattı, suyıq h'a'm gaz ta'rizli denelerde ju'zege keliwi mu'mkin.



1 – suwret

Eger ortalıq bo'lekshesinin' terbelisi tolqının' tarqalıw bag'ıtına perpendikulyar bolsa, bunday tolqınlarg'a *ko'ldeneni* tolqınlar delinedi. Ko'ldeneni tolqınlarg'a misal etip suw betinde payda bolg'an h'a'm arqan boylap bag'ıtlang'an tolqınlardı alıw mu'mkin. Tiykarında ko'ldeneni tolqınlar tek qattı denelerde g'ana ju'zege keledi. Suyıqlıq h'a'm gazlarda ko'ldeneni

tolqinlar payda bolmaydi, sebebi gaz h'a'm suyuqliqlarda elastik ku'shler payda bolmaydi. Suyuqliqtin' betindegi tolqin h'aqqinda ga'p ketkende bunday dep bolmaydi, sebebi suyuqliq betinde ko'ldenen' tolqinlar tarqaladi, bunda suyuqliq betinin' formasinin' o'zgeriwi serippeli qaytarishni ku'shlerdi payda etedi. Solay etip, ko'ldenen' tolqinnin' tarqaliw bag'itinda ortalıq bo'lekshelerinin' do'n'likleri h'a'm shuqirliqlari, boylama tolqinda bolsa ortalıq bo'lekshelerinin' tıg'ızlasıwı h'a'm siyreklesıwi periodlıq tu'rde payda bolıp baradı. Tolqin tosiqqa dus kelgende shag'ılısadı, bir ortalıqtan ekinshi ortalıqqa o'tkende bolsa sımadı.

Bir terbelis periodı dawamında tolqinnin' tarqaliw aralıg'ı *tolqin uzunlig'i* dep ataladı. Basqacha aytqanda, tolqin uzunlig'i, tolqinnin' birdey fazada terbeliwshi eki en' jaqın tochkaları arasındag'ı aralıq bolıp tabıladı.

Eger terbelis periodın T menen, tolqin uzunlig'in λ menen belgilesek, onda tolqin tezligi to'mendegishe anıqlanadı:

$$u = \frac{\lambda}{T} = \lambda v \quad (1)$$

bunda v - terbelis jiyiligi.

Tolqin tarqaliw protsessinde derekten uzaqraqta jaylasqan ortalıq bo'leksheleri terbele baslaydı. Bul protsesste tolqin, o'zin payda etken derekten «juwirıp qashıp atırg'anday» seziledi. Sonlıqtan onı *juwirıwshi tolqin* dep ataydı.

Bazı bir 0 tochkadan x aralıq uzaqlıqdag'ı (1-su'wret) bo'lekshenin' qa'legen t – waqıttag'ı awısıwı derekke tiyip turg'an bo'lekshenin' $t = \frac{x}{u}$ waqıttag'ı awısıwına ten' boladı, yag'nıy

$$\xi = A \cos \omega \left(t - \frac{x}{u} \right) \quad (2)$$

Bul an'latpa *juwirıwshi tolqin ten'lemesi* dep ataladı. Ol tolqin tarqalıp atırg'an ortalıqtin' qa'legen bo'lekshesinin' ten'salmaqlıq jag'dayman awısıwı (ξ) waqıt (t) h'a'm bo'lekshenin' terbelis dereginen uzaqlasıwının' (x) funktsiyası sıpatında anıqlanadı. (2) ten'lemege t h'a'm x g'a salıstırg'anda simmetrik ko'rinis beriw ushin *tolqin sanı* dep atalıwshi k – shamalı kiritemiz:

$$\kappa = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (3)$$

(1) h'a'm (3) ten tolqin sanı k , aylanıw jiyiligi ω h'a'm tolqinnin' faza tezligi u arasında to'mendegishe qatnas bar degen juwmaq shıg'adı:

$$u = \frac{\omega}{\kappa} \quad (4)$$

(2)-degi u dın' ornına (4)-degi ma'nisi menen almasıtıp, *tegis tolqin* ushin to'mendegi ko'rinistegi ten'lemeni tabamız:

$$\xi = A \cos(\omega t - kx) \quad (5)$$

r-radiuslı *sferik tolqin ten'lemesin* to'mendegi ko'riniste jazıwımız mu'mkin:

$$\xi = \frac{A}{2} \cos \omega \left(t - \frac{r}{u} \right) \quad (6)$$

yaki
$$\xi = \frac{A}{2} \cos(\omega t - kr)$$

bunnan r – radiuslı tolqın betinde jatırshı bo'leksheler $\omega\left(t - \frac{r}{u}\right)$

faza menen terbeledi, degen juwmaqqa kelemiz.

Bekkemlew ushın sorawlar:

1. Terbelmeli qozg'alıs degenimiz ne?
2. Garmonikalıq terbelis degenimiz ne?
3. Terbelis amplitudası degenimiz ne?
4. Jiyilik, period degenimiz ne?
5. Prujinalı mayatnik, matematikalıq mayatnik, fizikalıq mayatniklerdin terbelisleri h'aqqında aytıp berin'.
6. Terbelislerdi qosıw qalay a'melge asadı.
7. Garmonikalıq terbelisler energiyası degenimiz ne?
9. So'niwshi h'a'm ma'jbu'riy terbelisler degenimiz ne?

7. Molekulyar-kinetikalıq teoriya tiykarları

Jobası:

1. Molekulyar – kinetikalıq teoriya tiykarları h'a'm onın' ta'jriyelerde tastıyqlanıwı.
2. İdeal gaz nızamları.
3. Molekulyar massa h'a'm Avogadro nızamı.
4. Klayperon - Mendeleev ten'lemesi. Universal gaz turaqlısı.
5. Gazlar molekulyar - kinetik teoriyasının' tiykarı ten'lemesi.

Tayanış so'zler h'a'm tu'sinikler: Molekula, molekulyar kinetik teoriya h'a'm onın' qag'ıydaları, Brounliq qozg'alıs, zattın' gaz, suyıq h'a'm qattı h'alatları, zat h'alatının' parametrleri, izertlewın' statistikalıq h'a'm termodinamikalıq usılları, temperatura shkalaları, tıg'ızlıq, basım, ideal gaz, ideal gazlardag'ı izoprotsessler, gaz h'alatı ten'lemesi, universal gaz turaqlısı, molyar massa, Avogadro h'a'm Dalton nızamları, massanın' atom birligi, molekulyar kinetik teoriyanın' tiykarı ten'lemesi, ortasha kvadratlıq tezlik, ortasha kinetikalıq energiya, Boltsman turaqlısı.

1. Molekulyar – kinetikalıq teoriya tiykarları h'a'm onın' ta'jriyelerde tastıyqlanıwı

Denelerdin' mayda bo'lekshelerden-atomlardan quralg'anlıg'ı h'aqqında tu'sinik a'iyem zamanlardan-aq payda bolg'an bolıp, bul h'aqqında grek filosofi Demokrit (eramızdan alding'ı V-a'sir) anıq pikirlerdi aytıp o'tken. Keyinshelik denelerdin' atomlardan quralg'anlıg'ı h'aqqında bunday ta'liymat umıtılıp ketti. Biraq ol XVI a'sirde Gassendi, XVII a'sirde Boyle, XVIII h'a'm XIX a'sirlerde Lomonosov, Dalton, Klazius, Boltsman, Maksvell h'a'm basqa alımlar ta'repinen klassikalıq molekulyar – kinetikalıq teoriya dep atalg'an ilimiy teoriya sıpatında jaratıldı.

Energiyanın' saqlanıw nızamının' ashılıwı molekulyar-kinetikalıq teoriyanın' ja'nede rawajlanıwına alıp keledi. 1856 jılı Krenigtın' "Gazlar teoriyası tiykarları" kitabı basılıp shıqtı. 1857 jılda Klazius (1822-1888) o'z shıg'armasında gazlar kinetikalıq teoriyasının' ko'p ma'selelerinin' sheshiliwin h'a'm bul teoriyanın' tiykarı ten'lemesinin' kelip shıg'ıwın ko'rsetip berdi. 1860 jılda Maksvelldın' "Gazlar dinamikalıq teoriyasın tu'sindiriw" dep atalg'an klassik jumısı basılıp shıqtı. Ol bul shıg'armasında birinshi ma'rte statistik usıl arqalı molekullardın' tezlikleri h'aqqında ma'seleni ashıp berdi. Molekulyar kinetikalıq teoriya u'sh tiykarı qag'ıydanı o'z ishine aladı.

1. Barlıq zatlar molekula dep atalıwshı mayda bo'lekshelerden quralg'an.

Belgili bir zat birdey molekullar toplamın ibarat. Ta'biyatta h'a'r qiyılı zatlar ushırag'anı u'shın olardıń molekulları da h'a'r qiyılı boladı. Molekullar o'z gezeginde atom

dep atalıwshı mayda bo'lekshelerden quralg'an. Ta'biyattag'ı atomlar turi sanawlı, ol Mendeleev periodlıq sistemasındag'ı elementler h'a'm olardıń izotopları sanına ten'.

Atom quramalı du'ziliske iye bolıp, on' zaryadlı yadrodan h'a'm onı orap alg'an teris zaryadlı elektron qabıqlarınan quralg'an. Biraq molekulyar kinetikalıq - teoriyada atomnıń qanday du'zilgenligine itibar bermey, onı qattı elastik shar dep qaraydı.

Atom h'a'm molekularardıń diametrleri 10^{-8} - 10^{-7} sm shamasında bolıp, 10 million molekulanı izbe-iz dizsek, 1-10 mm.li shınjır payda boladı. Egerde bir tamshı suwdag'ı molekularlardan sonday shınjır du'zilse, 300 mln.km.li shınjır payda boladı. Bunday shınjır menen Jer h'a'm Quyashtı orap alsa boladı.

2. Molekulalar arasında bir waqıttıń o'zinde o'z-ara tartılısw h'a'm iyterisiw ku'shleri bar boladı.

O'zara ta'sir ku'shleri molekular arasındağ'ı aralıqqa ku'shli da'rejede baylanıslı boladı. Molekulalar arasındağ'ı o'zara ta'sir ku'shleri elektrlik ta'biyatqa iye. O'zara iyterisiw ku'shleri on', o'zara tartılısw ku'shleri teris dep esaplanadı. Molekulalar o'zara ta'sirleskeni ushın kinetikalıq energiyadan tısqarı potentsiallıq energiyag'ada iye boladı.

3. Zattı qurawshı molekular tınımsız ta'rtipsiz h'a'rekette boladı.

Molekulalar bir-biri menen soqlıg'ıswı na'tiyjesinde tezligin h'a'm bag'ıtların tınımsız o'zgartip turadı. Temperatura artıwı menen molekularardıń ta'rtipsiz h'a'reket tezligi de artadı. Molekulalarardıń h'a'reket tezligi zattıń ishki energiyasın belgileydi. Molekulalarardıń ta'rtipsiz h'a'reketi jıllılıq h'a'reket dep ataladı. Zattıń ishki energiyası degende molekularardıń kinetik h'a'm potentsial energiyalarınń jıyındısı tu'siniledi.

Zattıń temperaturası artıwı menen molekularardıń jıllılıq h'a'reketi ku'sheyiwi h'a'm molekular arasındağ'ı aralıq artıwı na'tiyjesinde molekular arasındağ'ı tartılısw ku'shi kemeyip, zat suyıq h'alatg'a o'tedi. Temperatura ja'ne ortırılsa, molekular arasındağ'ı aralıq artıp ($r > 1,5 \cdot 10^{-7}$ sm), molekular arasındağ'ı o'zara tartılısw ku'shleri ju'da' kemeyip ketedi, natıyjede zat suyıq h'alatdan gaz h'alatg'a o'tedi. Solay etip zattıń qattı, suyıq yaki gaz h'alatda bolıwı zat molekularınń jıllılıq h'a'reket tezligine h'a'm sırtqı sha'rayatg'a baylanıslı.

Zatlardıń molekularlardan quralg'anlıgı, molekulyar-kinetik teoriyanıń biz joqarıda ko'rip o'tken u'sh qag'ıydasınń durılıg'ı ko'p tajriyelerde uzil-kesil da'liylendi. Zatlardıń molekularlardan quralg'anlıg'ın a'piwayı ko'z yaki mikroskop menen ko'rip bolmaydı. Elektron mikroskoplar menen u'lken molekulardı, ma'selen, oqsil molekulasın ko'riw mumkin. Biraq keyingi waqıtta elektron mikroskoplardı rawajlandırıw na'tiyjesinde ayırım atomlardı da ko'riwge erisildi.

Gazlardıń qısılıwı na'tiyjesinde olardıń ko'lemine kemeyiwi molekular arasında belgili aralıq barlıg'ın ko'rsetedi. Gaz qısılg'anda molekular arasındağ'ı aralıq kemeyedi. Molekulalar arasında tartılısw h'a'm iyterisiw ku'shlerinin' barlıg'ı qattı denenin' o'z formasın saqlawg'a umtılwda ko'rinedi. Qattı deneni azg'ana deformatsiyalaw ushın h'a'm u'lken mexanik kernew gerek. Olardıń sozılıwına molekular arasındağ'ı tartılısw ku'shleri, qısılıwına bolsa molekular arasındağ'ı iyterisiw ku'shleri qarsılıq etedi. Qattı deneni sıdırıp bo'leklerge bo'liw ushında u'lken kernew gerek. Bizge belgili, bul u'lken kernew molekular arasındağ'ı o'zara tartılısw ku'shin jen'iw ushın sarıplanadı. Sing'an qattı deneni qayta pu'tin etip bolmaydı, sebebi qattı denenin' singan bo'lekleri bir-birine jabisbaydı, bug'an onıń betindegi gedirbudırları tosqınlıq etedi. Eger bir-birine biriktirilip atırg'an qattı denelerdin' beti ju'da' tegis etilse, qattı dene betidegi ko'pchilik molekular bir-birine ju'da' jaqın keliwi na'tiyjesinde molekular arasında o'zara tartılısw ku'shi payda bolıp, qattı dene bo'lekleri jabisıp qalıwı mumkin. Ma'selen beti shlifovkalanıp jabıstırılğ'an eki shiyshe plastinkani bir-birinen ajratıw ushın $6 \cdot 10^5$ Pa shamasında kernew gerek boladı. Qattı denelerdi bir-birine kleylep biriktiriw, svarkalaw, molekular arasında o'zara tartılısw ku'shleri borlıg'ına tiykarlang'an.

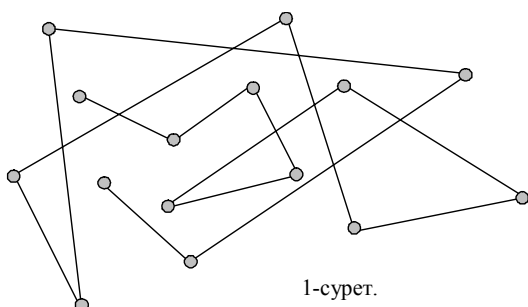
Molekulalarardıń ta'rtipsiz h'a'reketin diffuziya h'a'diyesinde h'a'm Broun h'a'reketinde ko'riwimiz mumkin. Eger shiyshe ıdı tubine bir tamshı brom tamızılsa, bir neche sekunddan son' ıdı tubinde toq qızg'ısh brom puwları payda boladı. Bul puw joqarıg'a ko'terilip, h'awa menen aralasa baslaydı. Yag'nıy diffuziya protsessi gu'zetiledi. Hawa h'a'm brom

molekulalarining diffuziyasi olardın molekulalarining ta'rtipsiz jillılıq h'a'reketi sebepli ju'z beredi.

1827 jilda ingliz biologı Broun molekulyar-kinetik teoriyani tastıyqlawshı jan'alıq ashtı. Ol tajriybede suyıqlıq ishinde ten'salmaqlıqta turg'an gu'l shan'ı bo'leksheleri barlıq waqıtta ta'rtipsiz h'a'reket qılıwı na'tiyjesinde olardın belgili waqıt dawamındag'ı jaylasıwları quramalı sıniq sıziqlar formasında bolıwın ku'zetti.

1-su'wrette Broun bo'lekshelestin 30 s dawamındag'ı jaylasıwları ko'rsetilgen. Suyıqlıq ishindegi bo'lekshelelerin bunday h'a'reket qılıwıg'a olarg'a suyıqlıq molekulalarining turli ta'replerden kelip urılıwı sebep boladı.

Bir waqıttın o'zinde bo'lekshege suyıqlıq molekulalarining bir nechesi urılıwı mumkin. Biraq og'an qaysı ta'repten ko'birek molekulalar urılsa, bo'lekshe sol molekulalar bag'ıtında jiljıydı, keyin basqa ta'repten ko'birek molekulalar urılıwı na'tiyjesinde ja'ne h'a'reket bag'ıtı o'zgeredi h'a'm bul protsess uzluksiz dawam etedi. Suyıqlıq ishindegi bo'lekshenin bunday quramalı qozg'alısı Broun h'a'reketi dep ataladı.



1-cyper.

2. İdeal gaz nızamları.

Aldın ideal gaz degende qanday gaz ko'zde tutılıwına toqtalıp o'teyik. İdeal gaz dep, molekulaları o'zara elastik sharlarday soqlıg'ısaturug'in, molekulalarining o'lshemleri ju'da' kishi h'a'm molekulalar arasında o'zara ta'sir ku'shleri esapqa alınbaytug'in gazge aytiladı. Joqarı temperaturada siyrek gazlardı da ideal gaz dep qaraw mumkin. Biraq a'dettegi sharayatta geliy, vodorod h'a'm olarg'a uqsas

gazlar ideal gaz ushin qoyilg'an talaplarg'a jawap beredi.

Belgili massalı gaz h'alati basım R, ko'lem V h'a'm temperatura T arqalı sıpatlanadı. Gazdın h'alatin aniqlawshı bul shamalardın o'zgeriwine gaz protsessleri deyiledi. Temperatura turaqlı bolg'anda gaz basımının ko'lemge baylanıslı xalda o'zgeriwine izotermik, basım turaqlı bolg'anda gaz ko'leminin temperaturag'a baylanıslı xalda o'zgeriwine izobarik h'a'm gazdın ko'lemi turaqlı bolg'anda onın basımının temperaturag'a baylanıslı xalda o'zgeriwine izoxorik protsess deyiledi.

Gazlar qa'siyetlerinin zat du'zilisinin molekulyar-kinetik teoriyasi tiykarında u'yreniwden aldın ta'jriybe jolı menen jaratılğ'an gaz nızamlarına (Boyl-Moriott, Gey-Lyussak, Dalton, Avogadro) nızamlarına toqtalıp o'temiz. Bul nızamlar a'dettegi atmosfera sharayatınan onshalıq pariğ etpeytug'in sharayatta ta'jriybe o'tkeriw jolı menen ashılğ'an.

Boyl-Mariott nızamı.

Bir-birinen g'a'resiz xalda 1662 jilda ingliz alımı Boyl h'a'm 1667 jilda frantsuz alımı Mariott izotermik protsess ushin to'mendegi nızamdı jarattı: turaqlı temperaturada ($t = const$) belgili massalı gazdın basımı ko'lemge kerı proporsional xalda o'zgeredi:

$$RV = const \quad (1)$$

Turli temperaturalar ushin (1) formulanın grafigi giperbolalardan ibarat boladı (2-su'wret). Bu giperbolalarga izotermalar deyiledi.

Gey-Lyussak nızamı.

1802 jilda frantsuz fizigi Gey-Lyussak izobarik h'a'm izoxorik gaz protsesslerin u'yrenip to'mendegi eki nızamdı jarattı.

1. Belgili massalı gazdın basımı turaqlı bolg'anda ($R = const$) onın ko'lemi temperaturag'a tuwrı proporsional xalda o'zgeredi:

$$V = V_0 (1 + \alpha t) \quad (2)$$

V_0 – gazdın O^0S temperaturadag'ı ko'lemi,
 V – gazdın t^0S temperaturadag'ı ko'lemi,
 α - gazdın ko'lem ken'eyiw koeffitsienti.

2. Belgili massalı gazdın' ko'lemi turaqlı bolg'anda ($V = \text{const}$) onın' basımı temperaturag'a tuwrı proporsional xalda o'zgeredi:

$$R = R_0(1 + \gamma t) \quad (3)$$

R_0 – gazdın' 0°S temperaturadag'ı basımı,

R – gazdın' $t^\circ\text{S}$ temperaturadag'ı basımı,

γ - gaz basımının' termik koeffitsienti.

Barlıq gazlar ushın $\alpha = \gamma = 1/273,15 \approx 1/273 \text{ K}^{-1}$ ekenligi

anıqlang'an.

(2) h'a'm (3) formulalardın' grafikleri temperatura ko'sherin $t = -273,15 \approx 273^0$ tochkada kesiwshi tuwrı sızıqlardan (izobara h'a'm izoxora) ibarat boladı (3 h'a'm 4-su'wretler).

Ko'binshe izoxorik protsessti Sharl nızamı sıpatlaydı dep ayıladı. Sebebi, bu nızam Gey-Lyussakdan aldın frantsuz alımı Sharl ta'repinen shamalap bayan etilgen.

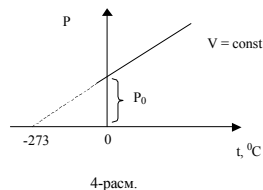
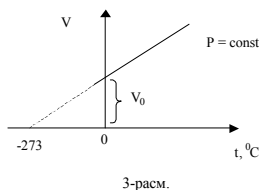
(2) formuladan absolyut nol temperaturada, yag'nıy temperatura $t = -273^0\text{S}$ bolg'anda gaz ko'leminin' joqalıwı kelip shıg'adı:

$$V = V_0 \left(1 + \frac{-273}{273}\right) = 0$$

Biraq biz aldın aytqanıımızday, ideal gaz nızamların ju'da' to'men temperaturalarga qollaw mumkin emes. Bunday to'men temperaturada gaz h'a'm o'z h'alatın o'zgerdedi, ol suyuq, ayırım waqıtları qattı h'alatg'a o'tiwı mumkin.

1802 jılda Kelvin absolyut nol temperaturanın' fizikalıq mag'anasın ashıp berdi. Absolyut nol sonday temperatura, bul temperaturada h'a'r qanday molekularların' ta'rtipsiz jıllılıq h'a'reketi toqtaydı. Biraq absolyut nol temperaturada h'a'r qanday h'a'reket pu'tinley toqtaydı

dep aytıw natuwrı, sebebi atomdag'ı elektronlar yadro do'geresinde aylanıwdı dawam etedi. *a'zirgi waqıtta ju'da' kishi ko'lemde absolyut nol temperaturag'a ju'da' jaqın temperatura alıwg'a erisildi. Biraq Bunday to'men temperaturada h'a'm molekular h'a'reketinin' toqtaw itimallıg'ı sezilgeni joq. Bunday



jag'day suyuq geliyde bayqalg'an.

Absolyut temperatura shkalasına o'tilgende (2) formula basqasha ko'rinisti aladı:

$$V = V_0(1 + \alpha t) = V_0 \left(1 + \frac{1}{273} t\right) = V_0 \frac{273 + t}{273} = V_0 \frac{T}{T_0}$$

0°S Kelvin shkalasında $T_0 = 273 \text{ K}$ sa'ykes keliwin esapqa alsaq,

$$\frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0} \quad (4)$$

formula payda boladı. (4) formuladan Gey-Lyussak nızamın basqa ta'riypi kelip shıg'adı: gazdın' basımı turaqlı bolg'anda onın' ko'lemi absolyut temperaturag'a tuwrı proporsional. Sonday o'zgeriw etsek (3) formulası

$$\frac{m}{m_0} = \frac{T}{T_0} \quad (5)$$

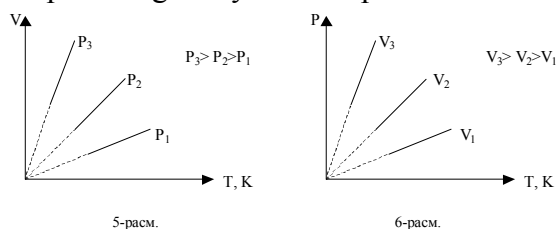
ko'rinisti aladı. Demek, (5) formulag'a ko're gazdın' ko'lemi turaqlı bolg'anda onın' basımı absolyut temperaturag'a tuwrı proporsional. (4) h'a'm (5) formulaları h'a'm Gey-Lyussak nızamların sıpatlaydı.

(4) h'a'm (5) formulalar iqtıyariy T_1 h'a'm T_2 temperaturalar ushın,

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{h'a'm} \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

ko'rinisinde jazıladı.

5-su'wretlerde ideal gaz ko'leminin', u'-su'wrette ideal gaz basımının' T absolyut temperaturag'a baylanısın sıpatlawshı turli izobaralar h'a'm izoxoralar su'wretlengen.



Dalton nızamı. Aytayıq qandayda ko'lemli idista R basımig'a iye bolg'an gazlar aralaspası berilgan bolsın (ma'selen h'awa). h'awanın' quramındag'ı azotdan basqa barlıq gazlardı shıg'arıp jibersek, qalg'an azot pu'tin idis ko'lemin iyelep partsiyal basım dep atalıwshı R₁ basım payda etedi.

Partsiyal basım dep. gazlar aralaspasındag'ı bir gazdın' o'zi beretug'in basımına aytiladi. Gaz aralaspasındag'ı ekinshi gazdın' partsiyal basımın anıqlaw ushın idisti ja'ne h'awa menen toldıramız h'a'm idista tek kislorodtı qaldırıp basqa gazlardı shıg'arıp taslaymız. Qalg'an gaz ja'ne idistin' pu'tin ko'lemin iyelep R₂ partsiyal basımın payda etedi. Tap sonday usulda u'shinshi h'a'm qalg'an gazlardın' payda etgen partsiyal basımların h'a'm anıqlaw mumkin. 1802 jilda ingliz fizigi h'a'm ximigi Dalton gaz aralaspaları basımı menen aralaspası quramına kirgen gazlardın' partsiyal basımları arasındag'ı baylanıstı anıqladı. Bul baylanıs Dalton nızamı dep ataladı: gaz aralaspaların' basımı ayırım gazlardın' partsiyal basımların' jiyındısına ten':

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (6)$$

3. Molekulyar massa. Avogadro nızamı.

Molekulalar massası $10^{-27} \div 10^{-26}$ kg aralıqta boladı. Fizikada atom yaki molekulanın' massası massanın' atom birliğinde (m.a.b) o'lishenedi. M.a.b. sıpatında mug'dar jag'man uglerod 12 atomı massasının' 1/12 u'lesi alınıp, (kg) larda sıpatlanadı:

$$m_b = 1 \text{ m.a.b.} = 1/12 m_c = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ kg.}$$

Atom h'a'm molekulaların' massası usı 1 m.a.b. ge salıstırıladı h'a'm onı atomnıń salıstırmalı massası h'a'm salıstırmalı molekulyar massa dep aytiladi.

Zattın' salıstırmalı molekulyar massası M dep, usı zat molekulası massasının' (m_m) uglerod a'g' atom massasının' a'/a'g' bo'legine qatnasına aytiladi:

$$M = \frac{m_{..}}{\frac{1}{12} m_-} \quad (7)$$

Salıstırmalı molekulyar massa (salıstırmalı atom massası) M o'lishemsiz shama. Sonday usul menen esaplag'anda kislorod h'a'm vodorod salıstırmalı atom massaları ushın 15,9946 h'a'm 1,0080 sanların alamız. D.İ.Mendelev elementler periodlı sistemasında atomların' salıstırmalı massaları ko'rsetiledi. Molekula yaki atomnıń massası (kg) larda esaplaw ushın olardıń salıstırmalı massalarını 1 m.a.b. (m_b) g'a ko'beytiw kerek:

$$m_m = m_b \cdot M = M \cdot 1,66057 \cdot 10^{-26} \text{ kg.}$$

$$m_a = m_b \cdot A = A \cdot 1,66027 \cdot 10^{-27} \text{ kg.}$$

Mısal ushın azot molekulasının' massası anıqlayıq. Azot atomının' periodlı sistemasidag'ı salıstırmalı atom massası 14,01 azot molekulası eki azot atomınan quralg'anı ushın onı salıstırmalı molekulyar massası 28,02 g'a ten' boladı. Azot molekulası massası kg larda alıw ushın 28,02 ni 1 m.a.b. g'a ko'beytemiz:

$$m_m = m_b \cdot 28,02 = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 28,02 = 4,64 \cdot 10^{-26} \text{ kg.}$$

Xalıqara birlikler sisteması (Sİ)da zat mug'darın o'lishew ushın tiykarg'ı birlik sıpatında mol qabil etilgen. 1 mol dep, zattın' salıstırmalı molekulyar massasına ten' kg larda aling'an zat mug'darına aytiladi. Ma'selen kislorod gazınan 1 mol mug'darda alıw ushın 32 g yaki 0,032 kg alıw kerek, sebebi kislorodtıń salıstırmalı molekulyar massası 32 ge ten'. Usıg'an uqsas 1 mol azot 0,028 kg ni quraydı. Sonın' ushın azotnıń molekulyar massası $M = 0,028 \text{ kg/mol}$ ko'rinisinde jazıladı. Molden tısqarı kmollar h'a'm qollanıladı. $1 \text{ kmol} = 1000 \text{ mol}$ ekenligin

esapqa alsaq, azot ushın $M = 28 \text{ kg/kmol}$ dep jazıw mumkin. Belgili massalı zat neshe molden ibarat ekenligin tabıw ushın onın' massasının' molekulyar massasına qatnasın alıw gerek: $\nu = m/M$. Bunda ν mollar sanı yaki zat mug'darı dep ataladı.

İtalyan alımı Avogadro 1811 jılda 1 mol gaz ushın to'mendegi nızamdı jarattı: normal sharayatta h'a'r qanday 1 mol gaz 22,4 litr ko'lemdi iyeleydi h'a'm onda $6,022 \cdot 10^{23}$ 1/mol dana molekula boladı. 1 mol zattag'ı molekular sanı, Avogadro sanı dep ataladı:

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$$

Avogadro nızamınan h'a'r qanday massalı zattag'ı molekular sanın anıqlaw mu'mkin. Bunın' ushın Avogadro sanın mollar sanına ko'beytiw gerek:

$$N = \frac{m}{M} N_A \quad (8)$$

Eger bir gaz molekulası massasın Avogadro sanına ko'beytsek, zattın' molekulyar massası kelip shıg'adı:

$$M = m_m \cdot N_A \text{ (kg/mol)}$$

Avogadro nızamınan paydalanıp, molekular o'lsheplerin shamalap esaplaw mumkin. Mısal ushın suw molekulasının' ko'lemın tabıw ushın 1 kmol (18 kg) suwdın' ko'lemın ($0,018 \text{ m}^3$) Avogadro sanına bo'liw gerek.

$$V_m = 0,018/6 \cdot 10^{23} = 30 \cdot 10^{-20} \text{ m}^3$$

Bunnan suw molekulasının' sıziqlı o'lshepi shamalap to'mendegige ten' ekenligi kelip shıg'adı:

$$d = \sqrt[3]{30 \cdot 10^{-30}} \approx 3 \cdot 10^{-10} = 3 \text{ \AA}$$

Basqa molekular o'lshepleri h'a'm bir neshe angstrom ta'rtibinde boladı.

Klayperon - Mendeleev ten'lemesi. Universal gaz turaqlısı.

Biz joqarıda ideal gaz h'alatın anıqlawshı parametrlardan biri turaqlı bolg'an izoprotsesslerdi ko'rip o'ttik. Endi gaz h'alatın anıqlawshı u'sh parametr (ko'lem, basım h'a'm temperatura) h'a'm bir waqıtta o'zgeretug'm protsessi ko'rip o'temiz. Bunday protsessi sıpatlawshı nızamdı 1834 jılda frantsuz alımı Klapeyron anıqladı. Klapeyron 1830 jıldan baslap Peterburgta islegen. Klapeyron, Boyle-Mariott h'a'm Gey-Lyussak nızamların birlestirip gaz h'alat ten'lemesin jarattı.

Qandayda m massalı gazdın' h'alatı V_1 , R_1 h'a'm T_1 parametrlar menen sıpatlansın. Bul gazdı V_2 , R_2 h'a'm T_2 parametrlar menen anıqlawshı basqa h'alatg'a o'tkerezik. Gazdı ekinshi h'alatg'a izotermik ($T_1 = \text{sonst}$) h'a'm izoxorik ($V_2 = \text{sonst}$) protsesslar arqalı o'tkeriw mumkin.

1) İzotermik protsess waqıtında gazdı ko'lemi V_2 ga o'zgerip basım R_1' bolıp qaladı. Boyle - Mariot nızamına tiykarlanıp

$$V_1 R_1 = V_1 R_1'$$

boladı, bunnan

$$R_1' = V_1 R_1 / V_2$$

ekenligin tabamız.

2) İzoxorik protsess Gey-Lyussak nızamı menen sıpatlandı:

$$R_1' / R_2 = T_1 / T_2$$

Keyingi formulag'a joqarıdagi R_1' ni an'latpasın qoyıp to'mendegini payda etemiz.

$$V_1 R_1 / V_2 R_2 = T_1 / T_2$$

bunnan

$$V_1 R_1 / T_1 = V_2 R_2 / T_2$$

Joqarıdagi an'latpadan ko'riniw tur, belgili massalı gaz ushın VR/T qatnası barlıq waqıtta turaqlı qaladı.

$$RV/T = V = \text{sonst} \quad (9)$$

(9) formula Klapeyron ten'lemesi (nizami) dep ataladi. Klapeyron ten'lemesindegi V turaqli turli gazlar ushin turli ma'nislerdi alip, qolaysizliq tuwdiradi. 1975 jilda Mendeleev, Klapeyron ten'lemesin Avogadro nizami menen biriktirip, onı kemshiligin du'zetti.

Avogadro nizamina ko're h'a'r qanday 1 mol gaz normal basım h'a'm temperaturada birdey V_m ko'lemdi iyeleydi. Na'tiyjede V turaqli barliq gazlar ushin birdey boladi h'a'm onı R menen belgileymiz.

$$RV_m/T = R \quad (10)$$

R turaqli universal gaz turaqlısı dep ataladi. (10) formula ko'binshe

$$RV_m = R * T$$

ko'rinisinde jazıladı. Bul an'latpa 1 mol gaz ushin Klapeyron-Mendeleev ten'lemesi (nizami) deyiledi. Belgili basım h'a'm temperaturada gaz ko'lemi onın' masasına proporsional bolg'ani ushin

$$V_m/V = \frac{M}{m}$$

boladi. M – gazdın' molyar massası, V - m massalı gazdın' iyelegen ko'lemi. Joqaridagi an'latpadan

$$V_m = V \frac{M}{m}$$

kelip shıg'adı. V_m nın' bul an'latpasın (10) formulag'a qoyıp to'mendegi ten'lemeni payda etemiz

$$RV \frac{M}{m} = RT$$

yaki

$$RV = \frac{m}{M} RT \quad (11)$$

(11) formula ixtiyariy massalı gaz ushin Klapeyron- Mendeleev ten'lemesi (nizami) deyiledi. (11) formuladan gazdın' tıg'ızlıg'ı ρ ni anıqlaw mumkin:

$$R = \frac{m}{MV} RT,$$

$\frac{m}{V} = \rho$ bolg'ani ushin $R = \frac{\rho}{m} RT$ boladi, bunnan

$$\rho = \frac{MP}{RT} \quad (12)$$

Universal gaz turaqlısı san ma'nisin (10) formuladan anıqlayıq. Bunun' ushin 1 mol gaz normal sharayatta $R = 1,013 \cdot 10^5$ Pa basım, $V_m = 0,02241$ m³/mol ko'lem, T=273 K temperaturag'a iye bolıwın esapqa alamız:

$$R = \frac{PV_m}{T} = \frac{1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,02241 \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}}{273 \text{ K}} = 8,31 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$$

Klapeyron-Mendeleev ten'lemesi ta'jriybe tiykarında tabılg'an gaz nizamların biriktirgeni ushin ol da a'meliy nizam dep ataladi. To'mende molekulyar-kinetik teoriya tiykarında ideal gazlardı teoriyalıq u'yrenemiz.

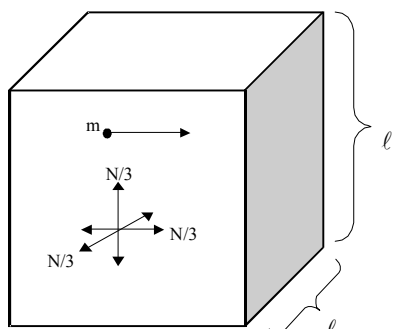
Gazlardın' molekulyar-kinetik teoriyasının' tiykarg'ı ten'lemesi.

Molekulyar-kinetik teoriyag'a ko're ıdıtıstıg'ı gaz barlıq waqıtta ta'rtipsiz h'a'reket etiwshi ko'plep molekulalardan ibarat dep qaraladi. Molekulalar o'z h'a'reketi waqıtında ıdıs diywallarına tınımsız urılıp turadi. Molekulanın' ıdısıg'a h'a'r bir urılıwdag'ı ku'sh jag'man

kishi. Biraq molekular ju'da' ko'p bolg'ani ushin ıdıs diywallarına ta'sir etip atırg'an ulıwma ku'sh bir qansha u'lken boladı.

Idıs diywalınım' bet birliğine tuwrı keluvchi molekular dın' ta'sir ku'shi gaz basımın sıpatlaydı. Molekulann' ıdıs diywalına urılıw ku'shi onım' h'a'reket tezligine, qalaberse molekular dın' ilgelemeli h'a'reket kinetik energiyasına baylanıslı.

Tiykarg'ı ten'lemeni biz gaz kub formadagi ıdısta jaylasqan jag'day ushin shıg'arayıq. Ta'repleri l bolg'an kub formadagi ıdısta massaları m bolg'an N molekula bolsın.



7-сурет

Molekular dın' ta'rtpsiz h'a'reketin esapqa alıp, olardıń 1/3 bo'legi kubtıń aldındı h'a'm arqa diywalı bag'ıtında, ja'ne 1/3 bo'legi kubtıń shep h'a'm on' diywalları bag'ıtında, h'a'm qalg'an 1/3 bo'legi kubtıń to'be h'a'm to'mengi diywalları bag'ıtında tuwrı sızıqlı h'a'reketlenedi dep aytıw mumkin (7-su'wret). Ha'r u'sh bag'ıtta h'a'reketleniwshi molekular ulıwma molekular dın' $N' = N/3$ bo'legin quraydı. Biz qıyaldan bir molekulanı ıdıstın' on' ta'repindeki diywalına ϑ tezlik penen h'a'reketleniwın bayg'aymız (7-su'wret). Molekula diywalg'a urılıp, onnan qaytadı h'a'm shep diywalg'a qaray h'a'reketlenedi. Molekulann' urılıw ku'shin ΔF menen, urılıw waqtın Δt menen belgilesek, molekular dın' diywalg'a bergen impulsı $\Delta F * \Delta t$ boladı. İmpulstın' saqlanıw nızamına ko're

ku'sh impulsı h'a'reket impulsinın' o'zgeriwine ten':

$$\Delta F * \Delta t = m_0 \vartheta - (-m_0 \vartheta) = g' m_0 \vartheta.$$

Bul an'latpadag'ı minus belgi molekula ıdıs diywalına urılğ'annan keyin o'z bag'ıtın o'zgertip arqag'a qaytıwın ko'rsetedi. Gazdın' ortasha basım ku'shin tabıw ushin molekular dın' 1 sekund dawamındag'ı urılıwlar da berilgan impulsar jıyındısın esaplaw kerek.

Ha'r bir molekula bir urılıwdan keyingi urılıwg'asha ϑ tezlik menen $2l$ aralıqtı basıp o'tkeni ushin eki izbe-iz urılıwlar arasındag'ı waqt $\Delta t = 2l/\vartheta$ boladı. Waqtın' bul an'latpasın esapqa alıp, joqarıdagi an'latpadan ortasha urılıw ku'shini tabamız.

$$\Delta F = m_0 \vartheta^2 / l \quad (13)$$

Idıstın' on' h'a'm shep ta'replerine ulıwma molekular dın' $N/3$ bo'legi turli $\vartheta_1, \vartheta_2, \vartheta_3, \dots, \vartheta_n$ tezlikler menen h'a'reketleniwlerin esapqa alıp, urılıwlar dın' jıyındı ku'shin tabamız:

$$F = \frac{1}{3} \left(\frac{m_0 \vartheta_1^2}{l} + \frac{m_0 \vartheta_2^2}{l} + \frac{m_0 \vartheta_3^2}{l} + \dots + \frac{m_0 \vartheta_n^2}{l} \right)$$

yaki

$$F = \frac{1}{3} \frac{m_0 N}{l} (\vartheta_1^2 + \vartheta_2^2 + \vartheta_3^2 + \dots + \vartheta_n^2)$$

Bul an'latpa $\langle \vartheta^2 \rangle = \frac{\vartheta_1^2 + \vartheta_2^2 + \vartheta_3^2 + \dots + \vartheta_n^2}{N}$ shaması gaz molekular dın' ortasha kvadratlıq tezligin bildiredi. Ol jag'dayda joqarıdagi formula

$$F = \frac{1}{3} \frac{m_0 N}{l} \langle \vartheta^2 \rangle$$

ko'rinisti aladı. Molekular dın' basımın tabıw ushin joqarıdagi an'latpanın' h'a'r eki ta'repin ıdıs ta'repinin' betine ($S = l^2$) bo'lemiz:

$$\frac{F}{l^2} = \frac{1}{3} \frac{N}{l^3} m_0 \langle \vartheta^2 \rangle.$$

Bunda $\frac{F}{l^2}$ gaz basımın, N/l^3 gaz konsentratsiyası n_0 di bildiredi. Demek gaz basımı ushin

$$P = \frac{1}{3} n_0 m_0 \langle \vartheta^2 \rangle \quad (14)$$

formula payda boladı. (14) formula gazlar ushin molekulyar-kinetik teoriyanın' tiykarg'ı ten'lemesi dep ataladı. (14) formulanın' alım h'a'm bo'limin 2 ge ko'beytemiz:

$$P = \frac{2}{3} n_0 \frac{m_0 < \mathcal{V}^2 >}{2} \quad \text{h'a'm } m < \mathcal{V}^2 > / 2 \text{ molekular dın' ortasha kinetik energiyası } < E_k > \text{ ekenligin}$$

esapqa alsaq, molekulyar-kinetik teoriyanın' tiykarg'ı ten'lemesi

$$P = \frac{2}{3} n_0 < E_k > \quad (15)$$

ko'rinisti aladı. Demek, gazdın' basımı ko'lem birligindegi molekular dın' ilgelemeli h'a'reketi ortasha kinetik energiyasının' 2/3 bo'legine ten'. (15) formula Klauzius ten'lemesi depte ataladı.

Eger bir mol gazdın' ko'lemin V desek, gazdın' kontsnetratsiyası

$$n_0 = N_A / V$$

bolıp, (15) formula to'mendegi ko'rinisti aladı.

$$R = \frac{2}{3} \frac{N_A}{V} < E_k >$$

Bizge belgili, 1 mol ushin gaz h'alat ten'lemesi

$$RV = RT$$

ekenligin esapqa alıp, temperatura ushin

$$T = \frac{2}{3} \frac{N_A}{R} < E_k > \quad (16)$$

formulanı payda etemiz. (16) formuladan ko'rinip tur, gazdın' absolyut temperaturası molekular ilgelemeli h'a'reketinin' ortasha kinetik energiyasına proporsional eken. (16) formuladan molekular dın' ortasha kinetik energiyası ushin

$$< E_k > = \frac{3}{2} \frac{R}{N_A} T$$

an'latpanı payda etemiz. Bul an'latpada $k = R/N_A$ qatnası - Boltsman turaqlısı dep ataladı h'a'm ol

$$k = \frac{R}{N_A} = \frac{8,32 \frac{\text{Ж}}{\text{моль К}}}{6,023 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Ж}}{\text{К}}$$

joli menen anıqlanadı. Boltsman turaqlısı fizikanın' ko'p formulaları quramına kiredi. Demek, gaz molekulasının' ortasha kinetik energiyası

$$< E_k > = \frac{2}{3} kT \quad (17)$$

formula menen sıpatlanadı. (17) formuladan absolyut nol temperaturada molekular dın' ilgelemeli h'a'reketten toqtawı kelip shıg'adı. Biraq h'a'reketin' basqa tu'rleri, ma'selen atom ishindegi h'a'reketler saqlanıp qaladı.

Eger (15) formuladag'ı $< E_k >$ ornına onın' (17) an'latpasın qoysaq, gazdın' basımı ushin

$$R = n kT \quad (18)$$

formula kelip shıg'adı. (18) formuladan normal basım h'a'm temperatura sharayatında 1 m^3 gazdegi molekular sanın

$$n = \frac{P}{kT} = \frac{1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}}{1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Ж}}{\text{К}} \cdot 273 \text{ К}} = 2,69 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3} \quad (\text{kontsnetratsiyasının' esaplaw mu'mkin.})$$

Bul n sanı fizikada Loshmidt sanı dep ataladı.

(17) formuladan normal sharayat ushin gaz molekularının' ilgerlemeli h'a'rekettegi ortasha kinetik energiyasını esaplaymız:

$$\langle E_k \rangle = \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 273 = 5,7 \cdot 10^{-21} \text{ Ж}$$

Joqarıdagi (17) formulada $\langle E_k \rangle = m \langle \mathcal{G}^2 \rangle / 2$ ekenligin esapqa alıp, molekullardıń ortasha kvadratlıq tezligi $\langle \mathcal{G}^2 \rangle$ ni tabamız:

$$\frac{m_0 \langle \mathcal{G}_{kg}^2 \rangle}{2} = \frac{3kT}{2}$$

bunnan $\langle \mathcal{G}_{kg} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$ (19)

kelip shıg'adı. Eger (19) formulada

$$k/m = R/mN_A = R/M$$

ekenligin esapqa alsaq, ol basqasha ko'rinisti aladı:

$$\langle \mathcal{G}_{kg} \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad (19a)$$

Molekullardıń $\langle \mathcal{G}_{kv} \rangle$ tezligin (19a) formula menen esaplaw qolaylı bolıp tabıladı.

Eger joqarıdagi (14) an'latpada $n_0 = N/V$ h'a'm $RV = RT$ ekenligin esapqa alsaq, molekulyar - kinetik teoriyanıń tiykarg'ı ten'lemesin basqacha ko'rinisinde sıpatlaw mumkin:

$$p = \frac{m_0 N \langle \mathcal{G}_{kg}^2 \rangle}{3V}$$

Eger $m_0 N$ ıdıtstıg'ı gazdın' massasına ten' ekenligin esapqa alsaq

$$pV = \frac{m \langle \mathcal{G}_{kg}^2 \rangle}{3} \quad (20)$$

formula payda boladı. (20) formuladan Boyle-Mariot nızamı kelip shıg'ıwın ko'rsetiw mumkin. İzotermik protsesssta $T = \text{const}$ bolg'ani ushın (19) formuladan $\mathcal{G}_{kv} = \text{const}$ bolıwı, (20) formuladan turaqlı massalı gaz ushın

$$pV = \frac{m \langle \mathcal{G}_{kg}^2 \rangle}{3} = \text{const}$$

ekenligi kelip shıg'adı.

Bekkemlew ushın sorawlar:

1. Zat du'zilisinin' molekulyar kinetik teoriyasının' tiykarg'ı u'sh qa'desin tu'sindirin'.
2. Broun h'a'reketi neni da'liylleydi?
3. İdeal gaz nızamların tu'sindirin'.
4. Klayperon-Mendeleev, Avogadro h'a'm Dalton nızamların qanday tu'sinesiz?
5. Gazlar molekulyar-kinetik teoriyasının' tiykarg'ı ten'lemesi h'a'm onnan kelip shıg'atug'ın formulalardı tu'sindirin'.

8. Termodinamika tiykarları

Jobası:

1. Gaz ko'lemi o'zgergende orınlıg'an jumıs.
2. Termodinamikanın' 1-nızamı h'a'm onın' izoprotsesslerge qollanıwı.
3. İdeal gazdın' jıllılıq ko'lemi.
4. Adibatik protsess.
5. Termodinamikanın' 2-nızamı.
6. İdeal gaz ushın Karno tsikli h'a'm onın' p.j.k.sı

Tayanış so'zler h'a'm tu'sinikler: Termodinamikanın' birinshi nızamı, termodinamikanın' birinshi nızamınının' izoprotsesslerge qollanıwı, ideal gazdı turaqlı ko'lem

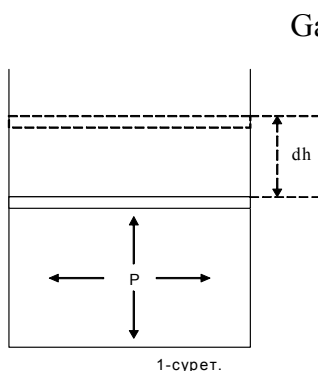
h'a'm turaqli basim sharayatindag'i jilliliq ko'lemi, molyar jilliliq ko'lemi, jilliliq ko'leminin klassik teoriyasi h'a'm onun' kemshilikleri, adiabatik protsess, adiabata ten'lemesi, adiabata ko'rsetkishi, adiabatik protsesste orinlang'an jumis.

Termodinamika turli protsesslerde (jilliliq, mexanik, elektr, magnit h'a'm basqalar) molekullarning jilliliq h'a'reketi menen aniqlanishni energiyaning mug'darlik o'zgeris nizamlarini u'yrenadi.

XIX a'sirdin' birinshi yarimida jilliliq mashinalarining paydali jumis ko'effitsentini arttiruv maqsetinde jilliliq energiyasini mexanik energiyaga, mexanik energiyani kerisinshe jilliliq energiyasiga aylantiruvdi u'yreniwge u'lken itibar berile basladi. Na'tiyjede fizikaning jilliliq protsesslarini u'yreniwshi termodinamika tarawini tez rawajlandi.

Termodinamika insannarning ko'p jilliliq ta'jriyebesi na'tiyjesinde jaratilgan eki nizamga tiykarlang'an. Termodinamikaning 1-bas nizami energiyaning mug'darlik h'a'm sapa o'zgerislerin sipatlaydi. Onun' 2-bas nizami bolsa protsesslardin' bolip o'tiw bag'iti h'aqqinda

1. Gaz ko'lemi o'zgergende orinlang'an jumis.



Gaz ko'lemini o'zgergende orinlang'an jumisti esaplaw ushin tsilindr formadagi idisda gaz alamiz (1-su'wret). Gaz su'ykeliwsiz jen'il h'a'reketleniwshi porshen astinda bolsin. Sirtqi basim h'a'm porshen awirlig'i gaz ta'repinen ta'sir etiwshi basim ku'shi $F = RS$ menen ten'salmaqlasqanlig'i ushin porshen tinish turadi. Bunda R-gazdin' basimi, S-porshen maydani. Eger gazdi qizdirsaq, porshen joqariga ko'terilip, gazdin' ken'eyiw protsessinde

$$A = Fdh = RSdh = RdV \quad (1)$$

jumis orinlanadi. Bunda $Sdh = dV$ gaz ko'leminin' o'zgerisi. Gaz ko'lemi V_1 den V_2 ge o'zgergende orinlang'an jumis, onun' ko'lemi dV elementar o'zgerislerinde orinlang'an jumislarning' jiyindisina ten'. Buni tu'sinip aliw ushin (R,V) diagrammadan paydalanamiz. 2-su'wrette gazdin' ko'lemin V_1 dan V_2 ge ken'eyiwini sipatlawshi grafik su'wretlengen. Gazdin' ko'lemi dV ga o'zgergende orinlang'an elementar jumis eki ma'rte shtrixlang'an maydang'a ten'. Gazdin' ko'lemi V_1 dan V_2 ge o'zgergende orinlang'an jumis av iymek sızıq menen shegaralang'an shtrixlang'an maydanga ten'. Gazdi ko'lemi V_1 dan V_2 ge o'zgergende orinlang'an toliq jumisti (1) an'latpani V_1 h'a'm V_2 shegarada integrallap tabamiz:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} PdV \quad (2)$$

Eger protsess izobarik bolsa ($R=\text{sonst}$), R ni integral sirtina shig'ariv mumkin:

$$A = P \int_{V_1}^{V_2} dV = P(V_2 - V_1) \quad (3)$$

Soni o'z aldina aytiv kerak, gazdin' ko'lemin turli usillar menen o'zgartiw mumkin. Baslang'ish jag'daydan aqirg'i jag'dayga o'tiw protsessinde gaz basimi tek ko'lemge baylanisli bolmagan, balki temperaturaga h'a'm baylanisli, yag'nivy

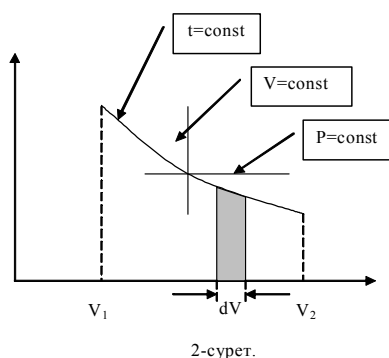
$$R = RT/V$$

bolgan ushin (3) an'latpag'a basimning' bul ma'nisin qoyip, gazdin' izotermik ken'eyiw protsessinde orinlag'an jumisin tabiwimiz mumkin:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} RT \frac{dV}{V} = RT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = RT(\ln V_2 - \ln V_1)$$

yaki

$$A = RT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (4)$$



(4) formula 1 mol gazdın' izotermik ken'eyiwinde orınlag'an jumıstı sıpatlaydı.

2. Termodinamikanın' 1-nızamı h'a'm onnı' izoprotsesslerge qollanıwı.

Termodinamikanın' birinshi bas nızamın ıdıtıstıg'ı gaz mısasında ko'rip o'teyik. Bizge tsilindr formasındag'ı ıdıtıstı porshen astında gaz berilgen bolsın. Porshen ıdıtıstı ishinde erkin h'a'reketleniwı mumkin. Eger ıdıtıstı temperaturası joqarı bolg'an ısıtqısh u'stine qoysaq, gaz ısıtqıshdan ma'lim mug'darda jıllılıq alıwı na'tiyjesinde temperaturası artadı. Temperaturanın' artıwı ishki energiyanın' ΔU mug'darg'a artıwına alıp keledi. Gazdı da'slepki temperaturası T_1 bolsa, gaz ishki energiyanın' U_1 dep aytıw mumkin. Gaz ısıtqıshg'a qoyılğ'annan keyin temperaturası T_2 ge ko'terilip, ishki energiyanın' U_2 bolıp qaldı. Ishki energiyanın' o'zgerisi $dU = U_2 - U_1$ boladı. Denenin' basqa denelerge berip atırg'an yaki olardan alıp atırg'an energiya mug'darına qarap, ishki energiyanın' o'zgerisin anıqlaw mumkin. Ma'selen, gaz ken'eyiw protsessinde porshendi joqarıg'a ko'terip jumıs orınladı. Bul jumıs gaz ishki energiyanın' kemeyiwı esabınan orınladı.

$$A = -\Delta U = -(U_2 - U_1) = U_1 - U_2$$

Gazg'a jıllılıq mug'darı berilse, gazdın' ishki energiyanın' artıwdan tısqarı gaz jıllılıqtan ken'eyip, sırtqı ku'shlerge qarsı jumıs orınlawı mumkin, yag'nıy porshen dh biyiklikke ko'terilip, gaz dA jumıs orınladı. Bunda gazge berilgen dQ jıllılıq mug'darı gazdın' ishki energiyanın' artıwına h'a'm jumıs orınlawg'a sarıplanadı:

$$dQ = dU + dA \quad (5)$$

Usı matematik an'latpa termodinamikanın' 1-bas nızamın sıpatlaydı. Bul nızam ta'biyattın' tiykarg'ı nızamlarınan bolıp, termodinamik protsesslerde energiyanın' saqlanıw nızamın sıpatlaydı.

Isıtqıshstan sistemag'a berilgen jıllılıq mug'darı sistemanın' ishki energiyanın' arttırıwıg'a h'a'm sırtqı ku'shlerge qarsı jumıs orınlawıg'a sarıplanadı.

Biraq termodinamikanın' 1-nızamınnı' (5) an'latpasınan sistemag'a jıllılıq berilgende barlıq waqıtta sistema ishki energiyanın' artadı degen juwmaq kelip shıqpawı kerek. Ma'selen, sistemaga jıllılıq beriliwine qaramastan onnı' ishki energiyanın' kemeyiwı, yag'nıy $U_2 < U_1$ bolıwı mumkin. Bunday jag'dayda (5)-ge tiykarlanıp $dA < dQ$ bolıp, jumıs sistema alıp atırg'an jıllılıq mug'darı h'a'm sistemanın' ishki energiyanın' kemeyiwı esabınan orınladı. Ishki energiyanın' kemeyiwı $U_1 - U_2 = -dU$ ge ten' boladı. Gazdın' sırtqı ku'shlerge qarsı orınlap atırg'an jumıs h'a'm og'an sırttan berilgen jıllılıq mug'darı on' esaplanadı. Eger kerisinshe bolsa, olar teris belgi menen alınadı.

Gazdın' ishki energiyanın' og'an sırttan jıllılıq mug'darı beriw h'a'm gaz u'stinde jumıs orınlaw menen o'zgeriwı mumkin. Bunda gazdın' ishki energiyanın' o'zgerisi gazge berilgen jıllılıq mug'darı menen gaz u'stinde sırtqı ku'shler orınlag'an jumıstın' jıyındısına ten' boladı.

$$U_2 - U_1 = dQ + dA \quad (6)$$

(5) formuladan (6) formula kelip shıg'ıwı ushın jumıs belgisin teris alıw kerek. Sebebi, bunda sırtqı ku'shler gaz u'stinde jumıs orınladı.

Termodinamikanın' 1-nızamı birinshi tu'r ma'n'gi dvigatel jasaw jolındag'ı urınıwılg'a shek qoydı. Birinshi tu'r ma'n'gi dvigatel sonday dvigatel, ol bir ma'rte berilgen energiya

esabınan uzaq waqıt jumıs orınlaydı. Biraq termodinamikanın' 1-nızamına ko're sistemag'a berilgen jıllılıq mug'darınan artıqsha jumıs orınlap bolmaydı, sebebi sistemanın' ishki energiyası turaqlı qalıw kerek. Bunnan $\Delta U=0$ bolsa, (5) an'latpadan $dQ = dA$ bolıwı kelip shıg'adı. Demek, dvigatel orınlag'an jumıs h'esh qashan og'an berilgen jıllılıq mug'darınan u'lken bolmaydı degен juwmaq kelip shıg'adı.

Termodinamikanın' 1-nızamın ideal gazlarda bolıp o'tiwshi izotermik, izobarik h'a'm izoxorik protsesslerde qanday orınlanıwın ko'rip o'teyik.

1. İzotermiyalıq protsess.

Gaz izotermik ken'eygende yaki qısılg'anda onın' temperaturası ($T = \text{const}$) o'zgermegeni ushın gazdın' ishki energiyası h'a'm o'zgermeydi h'a'm termodinamikanın' 1-nızamı to'mendegi ko'rinisti aladı:

$$dQ=dA. \quad (7)$$

Demek, izotermik protsesste gazge berilgen jıllılıq mug'darı tolıg'ınsha mexanik jumıs orınlawga sarıplanadı. Biz joqarıda gazdın' izotermik ken'eyiwinde orınlag'an jumısı:

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (8)$$

ko'rinisinde bolıwın ko'rip o'tken edik. İzotermik protsesste orınlang'an jumıstı basımnın' o'zgerisi arqalı h'a'm an'latıw mumkin. Bunın' ushın $T = \text{const}$ bolg'anda:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2}$$

bolıwın esapqa alıp, (8)-ni

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (9)$$

ko'rinisinde jazıw mumkin.

2. İzobaralıq protsess.

Basım turaqlı ($r=\text{const}$) bolg'anda gazge berilgen jıllılıq mug'darı onın' temperaturasını T_1 den T_2 ge artıwına, ko'leminin' V_1 den V_2 ge ken'eyiwine alıp keledi. Bunday protsesste orınlang'an jumıstı esaplaw ushın gaz h'alatı ten'lemesin ko'lem h'a'm temperatura boyınsha differentsiallaymız.

$$PdV = \frac{m}{M} R dT$$

Bul jag'dayda tolıq jumıs.

$$A = P \int_{V_1}^{V_2} dV = \frac{m}{M} R (T_2 - T_1) \quad (10)$$

ko'rinisindegi formula menen anıqlanadı.

Demek, izobarik protsesste orınlang'an jumıs gaz ko'leminin' yaki temperaturasının' o'zgerisi arqalı anıqlanıwı mumkin. Eger dara jag'dayda $m/M = 1$, $T_2 - T_1 = 1$ K bolsa, orınlang'an jumıs unversal gaz turaqlısına ten' boladı, yag'nıy $A = R$ boladı. Demek, bir mol gazdı turaqlı basımda temperaturasını a'K ge arttırg'andag'i jumıs mug'darına ten' bolg'an shama unversal gaz turaqlısı dep ataladı. İzobarik protsesste orınlang'an jumıs 3-su'wrette ko'rsetilgen shtrixlang'an tuwrıtırt mu'yeshstin' maydanına ten'.

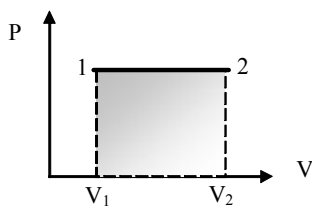
İzobarik protsesste gazge berilgen jıllılıq mug'darı sistema ishki energiyasını arttırıwga h'a'm mexanik jumıs orınlawga sarıplanadı, yag'nıy

$$dQ = dU + r dV \quad (11)$$

Bul an'latpanı integrallap, ishki energiyanın' o'zgerisin h'a'm orınlang'an tolıq jumıstı esaplaymız:

$$Q = U_2 - U_1 + r(V_2 - V_1) = (U_2 + rV_2) - (U_1 + rV_1) \quad (12)$$

(a'g') an'latpadag'i



3-cypher

$$N = U + rV \quad (13)$$

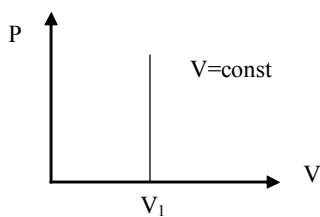
shama h'alat funksiyası bolıp, ol entalpiya dep ataladı. (13)- ni esapqa alsaq, (12) to'mendegi ko'rinishinde jazıladı.

$$Q = H_2 - H_1 \quad (14)$$

Demek, izobarik protsesste ideal gazge berilgen jıllılıq mug'darı entalpiyanın' o'zgerisi menen anıqlanadı. Sonın' ushın N bazıda energiya jamg'arması yaqi jıllılıq saqlamı dep te ataladı. (13) formulada $U = iRT/2$ h'a'm $RV = RT$ ekenligin esapqa alıp, onı to'mendegi ko'rinishinde jazıw mumkin:

$$H = \frac{i}{2}RT + RT = \left(\frac{i}{2}R + R\right)T \quad (15)$$

3. İzoxoralıq protsess.



4-cypher.

Eger gazge turaqlı ko'lem ($V = \text{const}$) sharyatında jıllılıq mug'darı berilse, onın' basımı h'a'm temperaturası artadı. Kerisinshe, sistema jıllılıq mug'darın jog'altsa, onın' temperaturası h'a'm basımı kemeyedi. İzoxorik protsess grafigi PV diagrammada basım ko'sherine parallel tuwrı sıziqtan ibarat boladı. (4-su'wret) İzoxorik protsesste gazdın' ko'lemi o'zgermegeni ushın og'an berilgen jıllılıq mug'darı tolıg'insha gazdın' ishki energiyasının' o'zgerisine ten' boladı.

$$dQ = dU$$

Demek, izoxorik protsesste gazdan alıng'an jıllılıq mug'darı onın' ishki energiyasının' kemeyiwine, og'an berilgen jıllılıq mug'darı bolsa onın' ishki energiyasının' artıwına mug'dar jag'ınan ten' boladı.

2. İdeal gazdın' salıstırmalı jıllılıq sıyımlılıg'ı.

Denenin' jıllılıq sıyımlılıg'ı onın' tiykarg'ı fizikalıq xarakteristikalarınan esaplanadı. Fizikada denenin' jıllılıq sıyımlılıg'ı h'a'm salıstırmalı jıllılıq sıyımlılıg'ı tu'sinikleri paydalanıladı. Denenin' jıllılıq sıyımlılıg'ı dep, dene temperaturasın bir gradusg'a arttırıw ushın kerek bolg'an jıllılıq mug'darı menen o'lshenetug'in shamag'a aytiladı.

Jıllılıq sıyımlılıg'ı J/grad. birlik menen o'lshenedi. Denenin' salıstırmalı jıllılıq sıyımlılıg'ı dep, 1 kg zat temperaturasın 1 K ge ko'teriw ushın za'ru'r bolg'an jıllılıq mug'darına aytiladı h'a'm ol

$$c = \frac{dQ}{mdT} \quad (16)$$

formula menen anıqlanadı, J/kgK birlikte o'lshenedi.

Zattın' molyar jıllılıq sıyımlılıg'ı tu'sinigi h'a'm paydalanıladı h'a'm S h'a'ripi menen belgilenedi. Molyar jıllılıq sıyımlılıg'ı dep, 1 mol zat temperaturasın 1 K ge asırıw ushın kerek bolg'an jıllılıq mug'darı menen o'lsheniwshi shamag'a aytiladı. Ol 1 J/molK birliklerde o'lshenedi h'a'm

$$C = \frac{dQ}{dT} \quad (17)$$

formula menen sıpatlanadı.

Denenin' molyar jıllılıq sıyımlılıg'ı S menen salıstırma jıllılıq sıyımlılıg'ı s arasında to'mendegishe baylanıs bar:

$$C = M \cdot c \quad \text{yaki} \quad c = \frac{C}{M}$$

Iqtıyarı m massalı zattın jıllılıq sıyımlılıg'ı $mc = \frac{m}{M}C$ g'a ten' boladı.

Zattın salıstırma jıllılıq sıyımlılıg'ı zat bir jag'daydan basqa jag'dayg'a o'tkende keskin o'zgeredi. Ma'selen, suw puwının salıstırma jıllılıq sıyımlılıg'ı $2,2 \cdot 10^3$ J/kg grad. g'a ten' bolsa, bul suwg'a aylang'annan keyin onın jıllılıq sıyımlılıg'ı $4,19 \cdot 10^3$ J/kg grad. g'a ten' bolıp qaladı. Gaz jag'dayındag'ı zatlardı salıstırma jıllılıq sıyımlılıqları og'an jıllılıq qanday sharayatda beriliwine baylanıslı. Ma'selen, gaz izotermik ken'eygende og'an ma'lim mug'darda jıllılıq ($\Delta Q > 0$) beriledi, gaz temperaturasının o'zgerisi 0 ge ten': $\Delta T = 0$. Bunday sharayatda gazdın salıstırma jıllılıq sıyımlılıg'ı sheksiz u'lken boladı.

Gazge jıllılıq beriwidin turli protsessleri bar, biz usılardın ishinde en' a'piwayısın, yag'nıy turaqlı ko'lem sharayatında jıllılıq beriliw jag'dayın ko'rip shıg'ayıq. Bunday sharayatda gazdın ko'lemi o'zgermegeni ushın jumıs orınlanbaydı, gazge berilgen jıllılıq mug'darı termodinamikanın 1-nızamına ko're tolig'insha onın ishki energiyasın asırıwg'a sarıplanadı.

$$dQ = dU \quad (18)$$

(18) ten'ликтin h'a'r eki ta'repin dT g'a bo'lip,

$dU = \frac{i}{2}RdT$ ekenligin esapqa alıp, ideal gazdın turaqlı ko'lem sharayatındagi molyar jıllılıq sıyımlılıg'ı ushın to'mendegi an'latpanı payda etemiz:

$$C_V = \frac{dQ}{dT} = \frac{dU}{dT} = \frac{i}{2}R \quad (19)$$

Demek, S_V nin ma'nisi gaz molekularının erkinlik da'rejesi i g'a baylanıslı eken. (19) ni esapqa alsaq 1 mol gazdın ishki energiyasının o'zgerisi $dU = C_V dT$ ko'rinisti aladı.

Eger gaz turaqlı basım ($r = const$) sharayatında ısıtılsa, onın ko'lemi artadı. Bunda gazge berilgen jıllılıq mug'darı gazdın ishki energiyasın asırıwg'a h'a'm gazdın ken'eyiw jumısına sarıplanadı:

$$dQ = dU + dA.$$

Bul an'latpanın h'a'r eki ta'repin dT g'a bo'lip, gazdın turaqlı basım sharayatındagi salıstırma jıllılıq sıyımlılıg'ın anıqlaymız.

$$C_p = \frac{dQ}{dT} = \frac{dU}{dT} + \frac{dA}{dT} \quad (20)$$

Eger $dA = RdV$ ekenligin h'a'm (19) an'latpanı esapqa alsaq, (20) ten'lik to'mendegi ko'riniske keledi.

$$C_p = C_V + \frac{PdV}{dT} \quad (21)$$

Bul an'latpadag'ı RdV ornına RdT ni qoyıw mumkin. Sebebi, gaz h'alatı ten'lemesinde basımdı turaqlı esaplap differentsiyalasaq, $RdV = RdT$ ekenligi kelip shıg'adı. Yag'nıy (21) an'latpa

$$S_r = S_V + R \quad (22)$$

ko'rinisine keledi. (22) an'latpanı basqasha ko'riniste h'a'm jazıw mumkin.

$$C_p = \frac{i}{2}R + R = \frac{i+2}{2}R \quad (22a)$$

(22) da universal gaz turaqlısı ushın $R = C_p - C_V$ an'latpanı payda etemiz. (22a) nı (19) ge bo'lip, gazlar ushın C_p/C_V qatnasın tabamız:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{C_V + R}{C_V} = \frac{i+2}{i} \quad (23)$$

Bir atomlı, eki atomlı h'a'm u'sh atomlı molekularlardan quralg'an gazlarda erkinlik da'reje sanları $i=3$, $i=5$ h'a'm $i=6$ g'a ten' ekenliginen γ ushın to'mendegi na'tiyjelerdi alamız:

$$\gamma = \frac{5}{3} \quad \approx 67, \quad \gamma = \frac{7}{5} \quad \approx 40, \quad \gamma = \frac{8}{6} \quad \approx 33,$$

4. Adiabatikalıq protsess. Adiabata ten'lemesi

Sırtqı ortalıq menen jıllılıq almaspastan bolıp o'tiwshi protsess adiabatik protsess dep ataladı. Adiabatik protsesste sistema tısqarıdan h'esh qanday jıllılıq mug'darın almaydı h'a'm tısqarıg'a h'a'm h'esh qanday jıllılıq mug'darın bermeydi. Sonın' ushına diabatik protsess ushın termodinamikanın' 1-nızamı to'mendegi ko'rinisinte boladı:

$$dU + dA = 0 \quad (24)$$

Adiabatik protsessti a'melge asırıw ushın gaz qamalg'an ıdıstı sırtqı ortalıqtan izolyatsiyalaw kerek. Bunın' ushın ıdıstı jıllılıq h'a'm jaqtılıq o'tkermeytug'in material menen oraladı. Bunday ıdıstıg'ı gaz u'stinde jumıs orınlansa, bul jumıs tolıg'insha gazdın' ishki energiyasına aylanadı. Biraq gazdın' ko'lemin keskin o'zgeretsek, gaz qamalg'an a'piwayı ıdıstı h'a'm adiabatik protsessti a'melge asırıw mumkin. Ma'selen, porshen menen gazdı keskin qıssaq, sırtqı ku'sh orınlag'an jumıs tolıg'ı menen gaz ishki energiyasın asırıwg'a sarıplanadı. Bunda jıllılıq sırtqı ortalıqqa shıg'ıp u'lgermeydi. Gaz ko'lemin keskin u'lkeytsek h'a'm adiabatik protsess ju'z beredi. Na'tiyjede gazdın' ishki energiyası kemeyip, gaz suwıyadı

Bunday jag'dayda orınlag'an jumıs gazdın' ishki energiyasınının' kemeyiwine ten' boladı:

$$dA = -dU \quad (25)$$

Formuladag'ı minus belgi gazdın' ishki energiyasınının' kemeyip atırg'anlıg'ın bildiredi.

Jumıs h'a'm ishki energiya an'latpaların esapqa alıp, (25) formuladan temperaturanın' o'zgerisin tabamız:

$$pdV = -CvdT$$

Bunnan

$$dT = -\frac{1}{Cv} r dV \quad (26)$$

qatnası payda boladı.

Adiabatik protsess formulasın keltirip shıg'arıw ushın gaz h'alatı ten'lemesin r , V , T o'zgeriwshiler boyınsha differentsiyalaymız.

$$rdV + Vdr = RdT$$

dT nın' ornına onın' joqarıdag'ı ($g'u'$) an'latpasın qoyamız:

$$rdV + Vdr = -\frac{R}{Cv} rdV$$

yaki

$$\left(1 + \frac{R}{Cv}\right) rdV + Vdr = 0 \quad (27)$$

an'latpanı payda etemiz.

Bundag'ı

$$\left(1 + \frac{R}{Cv}\right) = \frac{Cv + R}{Cv} = \frac{\frac{i}{2}R + R}{\frac{i}{2}R} = \frac{i+2}{i} = \gamma$$

ekenligin itibarga alsaq, (27) qatnasın

$$\gamma rdV + Vdr = 0$$

ko'rinisinde jazıw mumkin. Bul an'latpanı rV ge bo'lemiz

$$\gamma \frac{dV}{V} + \frac{dp}{V} = 0$$

Joqarıdag'ı ten'leme $\ln r V^\gamma$ funksiyanın' differentsialı bolıp tabıladı. Sonın' ushın onı

$$d \ln(r V^\gamma) = 0$$

ko'riniside jazıw mumkin. Bul qatnastan adiabatik protsesste basım menen ko'lem arasındag' ibaylanıstı tabamız.

$$rV^\gamma = const \quad (28)$$

Bul ten'lik Puassan ten'lemesi yaki adiabata ten'lemesi dep ataladı.

5. Termodinamikanın' 2-nızamı.

Termodinamik protsesslerdi tu'sindiriw ushın termodinamikanın' 1-nızamı jeterli emes. Sebebi ol protsesstin' qanday bag'ıtta bolıp atırğ'anlıg'ın esapqa almaydı.

Termodinamikanın' II-nızamı tarixiy ta'repten jıllılıq mashinalarınn' jumısın talqılaw qılıw na'tiyjesinde jaratıldı. Sonın' ushın jıllılıq dıvıgatelınin' islew protsessi menen tanısamız. Jıllılıq dıvıgatellerinde barlıq waqt tsikl dawamında T_1 temperaturalı ısıtqıshdan Q_1 jıllılıq mug'darı alınadı h'a'm T_2 to'men temperaturalı suwıtqıshqa Q_2 jıllılıq mug'darın berip, $A=Q_1 - Q_2$ jumıs orınlanadı. Jıllılıq mashinasınn' p.j.k.sı $\eta = 1$ bolıwı ushın $Q_2 = 0$ bolıwı, yag'nıy jıllılıq mashinası tek bir jıllılıq deregi-ısıtqıshg'a iye bolıwı h'a'm suwıtqısh bolmaslıg'ı kerek. Frantsuz injeneri N.Karno (1796-1832) jıllılıq mashinası islewi ushın albette eki tu'rli temperaturalı ısıtqısh h'a'm suwıtqıshın' bolıwı zarurlıgın ko'rsetti. Termodinamikanın' II-nızamı bir jıllılıq deregi esabınan, yag'nıy denelerdin' suwıtqısh esapınan islewshi ma'n'gi dıvıgateldin' bolıwın inkar etedi. Termodinamikanın' II-nızamına Kelvin h'a'm Planklar to'mendegishe ta'riyp bergen:

1) Ekinshi tu'r ma'n'gi dıvıgateldi jaratıw mumkin emes.

2) Aqırğ'ı na'tiyjesi ısıtqıshdan alıng'an jıllılıq mug'darınn' tolıq jumısq'a aylandırıp beretug'in protsessti a'melge asırıp bolmaydı.

Suwıtqısh mashinasında Q_2 jıllılıq mug'darı temperaturası T_1 bolg'an denege beriledi. Bunda $T_2 < T_1$. Bizge belgili, aylanba protsesste $Q = A$ biraq $Q = Q_2 - Q_1 < 0$ shartine ko're $A < 0$ yag'nıy:

$$Q_2 - Q_1 = -A_1$$

yaki

$$Q_1 = Q_2 + A$$

boladı. Bunnan ko'rinip tur, temperaturası T_1 bolg'an ısıtqıshg'a berilgen jıllılıq mug'darı, temperaturası T_2 bolg'an suwıtqıshdan alıng'an jıllılıq mug'darınan orınlang'an jumıs mug'darı shaması u'lken bolıp shıg'ıp atır. Bul sonnan dalalat beredi, jumıs orınlanbastan turıp jıllılıqtı temperaturası to'men deneden temperaturası joqarı denege o'tkerip bolmaydı. Termodinamikani II-nızamı ushın bunday juwmaqtı R. Klazius bergen:

Jıllılıq h'esh qashan o'z-o'zinen temperaturası to'men deneden temperaturası joqarı denege o'tpeydi.

6. İdeal gaz ushın Karno tsikli h'a'm onnı' p.j.k.sı

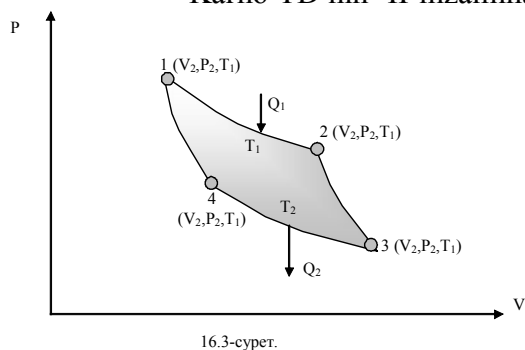
Karno TD nn' II-nızamına tiykarlanıp to'mendegi teoremanı shıg'aradı:

Suwıtqısh h'a'm ısıtqıshınn' temperaturası birdey bolg'an periodlı tu'rde isleytug'in barlıq jıllılıq mashinalarınn' ishinde qaytımlı protsess penen islewshi mashina en' u'lken p.j.k.g'a iye bolıp, olardınn' p.j.k.sı ısıtqısh h'a'm suwıtqıshınn' temperaturaları birdey bolg'anida bir-birine ten' boladı h'a'm mashinanın' konstruksiyası h'a'm jumısshı zattın' tabiyatına baylanıshı bolmaydı.

Karno u'yrengen tsikl eki izoterma h'a'm eki adiabatadan ibarat. Karno tsiklida jumısshı dene bolıp, porshen astındag'ı ıdısdı jaylasqan ideal gaz xızmet qılıwı

mumkin. Su'wrette Karno tsikli sxematik ko'rsetilgen.

Karno tsiklinin' p.j.k.sı formulag'a ko're



$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

boladı.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$$

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{\frac{m}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} - \frac{m}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4}}{\frac{m}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

formuladan ko'rinib tur, Karno tsiklinin' p.j.k.sı tek suwıtqısh menen ısıtqıshın' temperaturasına baylanıslı. Onı asırıw ushın suwıtqısh menen ısıtqıshın' temperaturalar parqın asırıw kerek. Ma'selen: $T_1 = 400\text{K}$ h'a'm $T_2 = 300\text{K}$ bolg'anda $\eta = 0,25$ yaqi $T_1 = 100\text{K}$, $T_2 = 50\text{K}$ bolsa: $\eta = 0,5$.

Ha'r qanday real jıllılıq mashinasının' p.j.k.sı su'ykeliw h'a'm jıllılıqtın' jog'alıwı bolg'ani ushın Karno tsiklinin' p.j.k.sınan kishi.

Bekkemlew ushın sorawlar:

1. Termodinamikanın' birinshi nızamı izoprotsesslarde qanday orınlanadı?
2. Adiabatik protsess qanday protsess h'a'm onın' tenlemesi qanday keltirilip shıg'arıladı?
3. Ne sebepten gazlardın' turaqlı basımdag'ı jıllılıq sıyımlılıg'ı turaqlı ko'lemdegiden u'lken?
4. Gazdın' ken'eygende orınlag'an jumısı qanday esaplanadı.
5. Adiabatik protsesste orınlag'an jumıs u'lkenbe yaqi izotermik protsesstegi me?
6. Molekulalardın' erkinlik da'reje sanı ne?
7. Gazdın' turaqlı ko'lem sharayatındag'ı salıstırma jıllılıq sıyımlılıg'ı temperaturag'a qanday baylanısqan?
8. Jıllılıq mashinalarının' h'a'm Karno tsiklini p.j.k.sı qanday esaplanadı?
9. Termodinamikanın' 2-nızamı ne dep ataladı?
10. Karno Tsikli qanday protsesslerden ibarat?

9. Elektrostatika tiykarları

Jobası:

1. Elektr zaryadı h'a'm onın' saqlanıw nızamı. Kulon nızamı.
2. Elektr maydanı. Tochkalıq maydan kernewliligi.
3. Elektrostatik maydanda orınlag'an jumıs
4. Elektr sıyımlılıg'ı. Kondensatorlar

Tayanış so'z h'a'm tu'sinikler: Zaryadlanıw, elektroneytral deneler, elementar zaryad, zaryadtın' saqlanıw nızamı, tochkalıq zaryad, Kulon nızamı, elektr maydanı, sinaw zaryadı, elektr maydanı kernewliligi, maydanlar superpozitsiya printsipi, elektr dipoli, dipol momenti.

1. Elektr zaryadı h'a'm onın' saqlanıw nızamı. Kulon nızamı.

Klassik fizikanın' elektromagnit maydan nızamların u'yrenetug'in bo'limine elektrodinamika deyiledi. Zaryadlang'an bo'lekshelerdin' yamasa denelerdin' o'z-ara ta'siri

elektromagnit maydan ja'rdeminde a'melge asırıladi. Elektromagnit maydan bir-biri menen o'z-ara baylanisli bolg'an elektr h'a'm magnit maydanlari toplamınan ibarat.

Elektr maydanının' tiykarg'ı qa'siyetlerinen biri sol, ol tek zaryadlang'an denelerge ku'sh penen ta'sir etedi. Ta'sir darejesi zaryadtın' h'a'reket tezligine baylanisli emes. Magnit maydanının' tiykarg'ı qa'siyeti sonnan ibarat, ol tek h'a'reketleniwshi elektr zaryadına ta'sir etedi. Onın' ta'sir da'rejesi zaryadtın' tezligine tuwrı proporsional bolıp, zaryadtın' h'a'reket bag'ıtına tik bag'ıtlang'an.

Elektr maydanının' bar ekenligin usı maydang'a jaylastırılğ'an qozg'almas elektr zaryadına bolg'an ta'sirine qarap bilip alıw mumkin.

Qozg'almas elektr zaryadlarının' elektrostatik maydan teoriiyası elektrodinamikanın' elektrostatika bo'liminde u'yreniledi.

Bizge belgili, barlıq deneler bo'lekshelerden - atom h'a'm molekullardan quralg'an. Atomlar bolsa o'z gezeginde on' zaryadlang'an yadro h'a'm onın' do'gereginde h'a'reketlenetug'm elektronlardan, yadro bolsa on' zaryadlang'an proton h'a'm zaryadsız neytronlardan quralg'an.

Neytral atomlarda elektronlar sanı yadrodag'ı protonlar sanına ten' boladı.

Elektron teris, yadro bolsa on' zaryadlı. Amerika alımı R. Milliken h'a'm rus alımı A.F.İoffe elektronnın' teris zaryadlı ekenligin h'a'm onın' zaryad mug'darı $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl, massası bolsa $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg g'a ten'ligin ta'jiriybe da'liyegenler.

Keyinshelik yadro quramına kiriwshi protonnın' zaryadı h'a'm elektronnın' zaryadına mug'darı jag'man ten', biraq belgisi on' $e = + 1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl h'a'm massası bolsa $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg ekenligi h'a'm ta'biyatta tek eki tu'rdegi, yag'niy teris h'a'm on' zaryadlar bar ekenligi da'liyllengen. Usı zaryadlardan biri artıq yamasa kem bolsa dene zaryadlanıp qaladı. Fizika pa'ni rawajlanıwının' h'a'zirgi ku'n basqışında elektron h'a'm protonlardın' zaryadı en' kishi elementar zaryad bolıp, h'a'r qanday zaryadlang'an denenin' zaryadı elektron yamasa protonnın' zaryadına eseli boladı, yag'niy kvantlang'an boladı. Demek, denelerdin' zaryadı tek 0, $\pm e$, $\pm g'e$, $\pm qe$, . . . , $\pm Ne$ ma'niselerge iye boladı, yag'niy

$$q = \pm Ne \quad (1)$$

Birdey belgili zaryadlang'an deneler bir-birinen iyterisedi, turli belgidegiler bolsa bir-biri menen tartılısadı.

Ta'jiriybe na'tiyjelerin ulıwmalastırıw araqalı M.Faradey (1791-1867) ta'biyattın' fundamental nızamı - zaryadlardın' saqlanıw nızamın jarattı. Og'an muwapıq izolyatsilang'an sistemada elektr zaryadlarının' algebraik jiyındısı o'zgermeydi,

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \sum q_i = \text{const} \quad (2)$$

Zaryad mug'darı turli inertsiyal sanaq sistemalarında o'lishengende olardın' ma'nisleri o'zgermeytug'mlıg'ı da'liyllengen. Demek, elektr zaryadı relyativistik invariant degen juwmaqg'a kelemiz, yag'niy zaryad mug'darı onın' h'a'reket tezligine baylanisli emes. Elektr zaryadı joq bolıwı h'a'm, jan'adan payda bolıwı h'a'm mumkin. Biraq barlıq waqıtta qaramaqarsı belgili eki elementar zaryad jog'aladı yamasa payda boladı.

Kulon nızamı: Elektrostatikanın' tiykarg'ı nızamı - zaryadlang'an eki qozg'almas tochkalıq deneler arasındag'ı o'z-ara ta'sir nızamı. Bu nızamdı ta'jiriybede frantsuz fizigi Sharl Kulon a'wh'o' jılı burama ta'rezi ja'rdeminde jaratqan.

Tochkalıq elektr zaryadı tu'sinigi h'a'm mexanıqada ayılğ'an materiallıq tochkag'a uqsas, yag'niy zaryad tasıwshi deneler arasındag'ı aralıqqa qarag'anda olardın' o'lishemlerin esapqa almasa h'a'm boladı h'a'm maydanın' usı tochkasındag'ı maydandı o'zgermeydi.

Nızam ta'riypi: vakkumdag'ı eki tochkalıq elektr zaryadının' o'z-ara ta'sir ku'shi ta'sirlesip atırğ'an h'a'r bir zaryad shamaları ko'beymesine tuwrı h'a'm zaryadlar arasındag'ı aralıqtın' kvadratına kerı proporsional, yag'niy

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}, \quad (3)$$

vektor ko'rinisinde

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r} \quad (4)$$

Eger zaryadlar bir bir tekli ortalıqta joylasqan bolsa, ol jag'dayda o'z-ara ta'sir ku'shi

$$F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}, \quad (5)$$

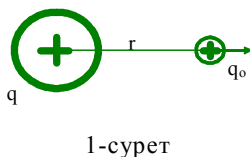
ϵ - ortalıqtın' dielektrik sin'irivshiligi dep ataladı. Ol o'lishemsiz shama bolıp, zaryadlar arasındag'ı o'z-ara ta'sir ku'shi vakkumdag'ı g'a qarag'anda berilgen ortalıqta neshe ma'rte kemeygenligin sıpatlaydı,

$$\epsilon = \frac{F_0}{F} \quad (6)$$

Ci sistemasında proporsionallıq koeffitsienti $k = 1/4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{Kl}^2$ ga ten'. ϵ_0 - elektr turaqlısı deyiledi. $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Kl}^2/\text{N m}^2 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$. Kulon nızamı $10^{-15} \text{ m} < r$ aralıqlarda jaqsı orınlanağı, biraq $r < 10^{-16} \text{ m}$ da bul nızam tuwrı orınlanağı.

2. Elektr maydanı. Tochkalıq zaryad elektr maydanı kernewliligi

Zaryadlar arasındag'ı o'z-ara ta'sir elektr maydanı arqalı a'melge asırıladı. *a'r qanday zaryad do'geregindegi ken'islikte elektr maydanın payda etedi. Bunday maydandı og'an basqa bir on' zaryadtı joylastırıw arqalı anıqlaw mumkin. Bul on' zaryadtı a'dette "sinaw" zaryadı dep ataydı. "Sinaw" zaryadı q_0 g'a maydan ta'repinen ta'sir etetug'in ku'shtin' shamasına qarap usı maydanın' intensivligi h'aaqqında pikir ju'ritiledi. q zaryad payda etken maydandı teksereyik. Bunn' ushin q zaryadına salıstırg'anda \vec{F} aralıqqa q_0 zaryadın joylastıramız (1-suwret), ol jag'dayda q zaryad ta'repinen q_0 g'a



$$\vec{F} = q_0 \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r} \right) \quad (7)$$

ku'sh ta'sir etedi. Bul formuladan ko'rinip tur \vec{F} ku'sh q h'a'm r dan basqa q_0 g'a h'a'm baylanıslı. Eger turli mug'dardag'ı zaryadları alsaq, yag'nıy q_0', q_0'', \dots , larg'a sa'ykes jag'dayda $\vec{F}'_1, \vec{F}''_2, \dots$ ku'shlar ta'sir etedi. Biraq, \vec{F}/q_0 qatnas berilgan q h'a'm \vec{r} lar ushin o'zgermes bolıp, usı tochkadag'ı maydan shamasın anıqlaydı. Bul shama

$$\vec{E} = \vec{F}/q_0 \quad (3)$$

q_0 zaryad turgan tochkadag'ı elektr maydanının' kernewliligi deyiledi. Elektr maydanının' kernewliligi maydanning' ku'sh h'a'rakteristikasi bolıp, ol maydanning' berilgen tochkasına kiritilgen birlik on' q_0 zaryadına ta'sir etiwshi ku'shti sıpatlaydı. Eger elektr maydanın tochkalıq q zaryad payda qilg'an bolsa, onnan \vec{r} aralıqta joylasqan tochkadag'ı maydanning' kernewliligi to'mendegishe boladı:

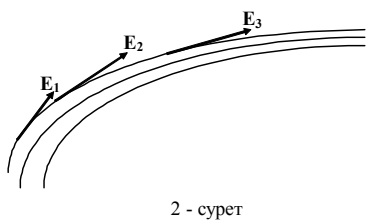
$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad (4)$$

Kernewlilik birligi (3) formulası boyınsha $[E] = 1 \text{ N/Kl}$ boladı h'a'm onnan "sinaw" zaryadı q_0 g'a ta'sir etetug'in ku'sh $\vec{F} = q_0 \vec{E}$ tabıladı. Bul formula maydang'a kiritilgen iqtıyarıy zaryad ushin h'a'm orınlı:

$$\vec{F} = q \vec{E} \quad (5)$$

Eger q zaryad on' bolsa, ku'shtin' bag'iti \vec{E} vektor bag'ıtına sa'ykes keledi, eger q teris belgide bolsa \vec{F} h'a'm \vec{E} vektorlar o'z-ara qarama- qarsı bag'itlang'an boladı.

Elektrostatik maydandı maydanning' turli tochkalarındag'ı kernewlilik vektori \vec{E} ja'rdemide suwretlew ju'da' naqolay. Bunda kernewlilik vektorları bir-birlarine u'stepe-u'st tu'sip ju'da' quramalı ko'rinisti payda etedi.



M.Faradey ta'repinen elektrostatik maydandı ku'sh sızıqları ja'rdemide suwretlew usınılg'an. Kernewlilik sızıqları (ku'sh sızıqları) sonday sızıqlar, onın' bir tochkasına o'tkerilgen urınba maydanning' usı tochkasındag'ı kernewlilik vektorının' bag'ıtına sa'ykes tu'sedi. Kernewliliktin' ma'nisi bolsa usı tochkag'a ku'sh sızıqlarına perpendikulyar etip jaylastırıl'g'an birlik betten o'tip atır'g'an ku'sh sızıqlarının' sanına ten'. Kernewlilik sızıqları bir-

birleri menen kesilispeydi, sebebi \vec{E} vektor tek bir anıq bag'ıt'g'a iye boladı.

Ko'z aldımızg'a keltireyik, q_1, q_2, \dots, q_n zaryadlar sisteması elektr maydanın payda etsin. Juwmaqlawshı maydanning' kernewliliği \vec{E} ni qanday anıqlaw mumkinligin ko'rip o'teyik.

Ta'jiriybelerdin' ko'rsetiwinshe, ku'shlerdin' g'a'resizlik printsipi Kulon ku'shi ushın h'a'm ornılı boladı. Demek, on' "sınaw" zaryadına sistemanı qurag'an barlıq zaryadlar ta'repinen ta'sir etiwshı ku'sh

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i \quad (6)$$

boladı. formulası boyınsha

$$\vec{F}_i = q_0 \vec{E}_i.$$

Sonın' ushın

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i \quad (7)$$

kelip shıg'adı.

Berilgen an'latpa elektrostatikalıq maydanlar ushın superpozitsiya printsipin sıpatlaydı.

3. Elektrostatik maydanda orınlang'an jumıs

Eger vakkumdag'ı q zaryad maydanında basqa bir q_0 zaryad 2-suwretdegidey bir tochkadan ekinshi tochkag'a ıqtıyarıy traektoriya boylap ku'shirilse, ol jag'dayda maydan ku'shleri jumıs orınladı. Bul ku'shlerdin' elementar $d\ell$ ko'shiwde orınlag'an jumısı to'mendegi ko'rinisinde jazıladı:

$$dA = F d\ell \cos\alpha = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qq_0}{r^2} d\ell \cos\alpha \quad (1)$$

$d\ell \cos\alpha = dr$ bolg'anlıg'ı ushın

$$dA = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qq_0}{r^2} dr \quad (2)$$

q_0 zaryadtı 1→2 bag'ıtta ku'shiriwde orınlang'an tolıq jumıs

$$A_{a'g'} = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (3)$$

ga ten' bolıp, traektoriyanın' formasına baylanıslı bolmasthan zaryadtın' maydandag'ı da'slepki h'a'm aqır'ı jag'daylarına baylanıslı. Demek, elektrostatik maydan potensial maydan esaplanadı, elektrostatik ku'shlar bolsa konservativ ku'shler bolıp tabıladı.

Potensial maydanda zaryadtı tuyıq kontur boylap ku'shiriwde orınlang'an jumıs nolge ten', yag'nıy

$$\oint_L dA = 0$$

Potensial maydanda joylashgan dene potensial energiyaga iye bo'ladı h'a'm maydan ku'shleri ta'sirinde jumis orinlaydi. (3) formula menen an'latilgan jumis potensial maydan energiyasın' kemeyiwi esabınan orinlanadı, bunnan paydalanıp q₀ zaryadtın' potensial energiyasın anıqlaw mumkin, yag'nıy

$$A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qq_0}{r_1} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qq_0}{r_2} = W_{n1} - W_{n2}. \quad (4)$$

q₀ zaryadtın' potensial energiyası

$$W_n = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qq_0}{r},$$

boladı. Eger maydandı zaryadlar sisteması payda qılssa, sistemanın' potensial energiyası

$$W_n = \sum_{i=1}^n W_{ni} = q_0 \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i}. \quad (5)$$

Eger zaryadlar sisteması ken'islikte u'zliksiz bo'listirilgen bolsa, bunday sistemanın' maydan kernewliligi ushın to'mendegi formula ornılı boladı:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{(q)} \frac{dq}{r^2} \quad (6)$$

W_n/q₀ qatnası q₀ g'a baylanıslı bolmaydı. Sonın' ushın ol q zaryad maydanının' potensialı dep ataladı, ol elektrostatik maydanning' energetik xarakteristikası boladı, yag'nıy

$$\varphi = W_n/q_0. \quad (7)$$

Demek, elektrostatik maydanning' berilgen tochkadag'ı potensialı degende maydanning' usı tochkasına alıp kirilgen on' (+q₀=a') birlik zaryadtın' potensial energiyası tu'siniledi.

(7) g'a tiykarlanıp tochkalıq zaryadtın' h'a'm zaryadlar sistemasının' potensialı

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r} \quad \text{h'a'm} \quad \varphi = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i} \quad (8)$$

formula menen an'latiladı.

Bulardan paydalanıp, (4) formulanı to'mendegishe jazıw mumkin.

$$A_{12} = W_{n1} - W_{n2} = q_0 (\varphi_1 - \varphi_2) \quad (9)$$

Elektr maydanın' iqtıyariy tochkasının' potensialı degende usı tochkadan q₀=+1 zaryadtı sheksizlikke ku'shiriwde orinlang'an jumis penen xaraterleniwshi shama tu'siniledi.

Potensialdın' o'lishem birligi sıpatında elektr maydanının' sonday tochkasının' birligi qabıl qılınadı, bul tochkadan 1 Kl zaryadtı sheksizlikke ko'shiriw ushın 1J jumis orinlaw kerek.

Elektr maydanının' bunday tochkasının' potensialı 1 volt (V) deyiledi.

Eger maydandı zaryadlar sisteması payda qılğ'an bolsa, maydan potensialı usı zaryadlar maydan potensiallarının' algebralıq jiyındısına ten', yag'nıy

$$\varphi_a + \varphi_g + \dots + \varphi_n = \sum_{i=1}^n \varphi_i. \quad (10)$$

Potensial maydanning' mine usı qa'siyeti, maydanning' ku'sh xarakteristikasın an'latiwshi kernewlilikten u'stin turadı, sebebi potensial skalyar shama, kernewlilik bolsa vektor shama.

q₁, q₂, ..., q_n zaryadlar sistemasın orap turg'an iqtıyariy tuyıq bet arqalı o'tiwshi kernewlilik ag'ımı

$$\Phi_E = \oint_S \vec{E} d\vec{S} = \oint_S \left(\sum_i \vec{E}_i \right) d\vec{S} = \sum_i \oint_S \vec{E}_i d\vec{S} \quad (11)$$

(q.o') g'a ko're h'a'r bir integral q_i/ε₀ g'a ten'

$$\Phi_E = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_i^n q_i. \quad (12)$$

Bul formula vakkumdag'ı elektr maydan potentsiali ushın Gauss teoremasın sıpatlaydı.

4. Elektr sıyımlılıg'ı.Kondensatorlar

Do'geregidegi o'tkizgishlerdin' elektr maydanı ta'sir qila almaytug'in aralıqda jaylasqan o'tkizgish izolyatsilang'an o'tkizgish deyiledi. Bunday o'tkizgishtin' potentsiali zaryad mug'darina tuwrı proporsional boladı

$$\varphi = \frac{q}{C},$$

bundagi S ti o'tkizgishtin' elektr sıyımlılıg'ı yamasa sıyımlılıq deyiledi h'a'm onnan:

$$S = \frac{q}{\varphi}. \quad (1) \quad \text{O'tkizgishtin' elektr sıyımlılıg'ı san jag'man}$$

onın' potentsialn bir birlikke arttırıw ushın kerek bolg'an zaryad mug'darina ten'.

Sıyımlılıq o'tkizgishtin' geometrik o'lshemlarine h'a'm onı orap turg'an ortalıqtın' dielektrik sin'irishiligine baylanıslı boladı. Turli formadag'ı o'tkizgishler sıyımlılıg'ını (o'.q) ja'rdeminde anıqlaw mumkin. Bizge belgili, zaryadlang'an R radiuslı shardın' betindegi potentsiali

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R} \quad (2)$$

an'latpa menen anıqlanadı. Ol jag'dayda (o'.n') ni (o'.q) g'a qoyıp shardın' sıyımlılıg'ı

$$C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon R \quad (3)$$

ekenin tabamız. Demek shardın' elektr sıyımlılıg'ı onın' radiusına h'a'm onı orap turg'an ortalıqtın' dielektrik sin'irishiligi ε ge baylanıslı eken.

Sıyımlılıqtın' o'lshem birligi etip 1 Kl zaryad berilgende potentsiali 1V g'a artatug'in o'tkizgishtin' sıyımlılıg'ı qabil qiling'an h'a'm ol Farada dep ataladı.

Kondensatorlar

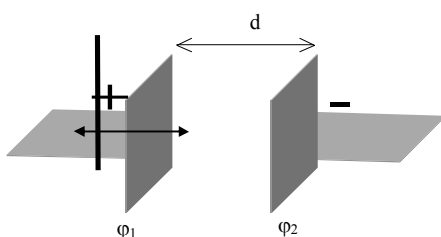
Tegis kondensator sıyımlılıg'ı. Bir birinen d aralıqta jaylasqan, h'a'r birinin' maydanı S bolg'an eki paralel metall plastinkalardan ibarat sistema tegis kondensator deyiledi (4-suwret). $\sqrt{S} \gg d$, bolg'anı ushın kondensator plastinkaların sheksiz zaryadlang'an tegislikler dep qarap, olar arasındag'ı maydan kernewliligini $E = \sigma/\varepsilon_0$ an'latpa ja'rdeminde esaplaw mumkin. Ol jag'dayda plastinkalar arasındag'ı potentsiallar ayırması:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \sigma d/\varepsilon_0\varepsilon.$$

Sıyımlılıg'ı bolsa

$$C = \varepsilon_0\varepsilon S/d \quad (4)$$

boladı.

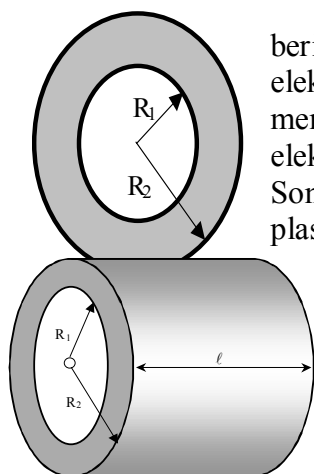


5.4-рәсм.

Bunda ε -plastinkalar arasında jaylastırılğ'an dielektriktin' dielektrik sin'diriwshen'ligi.

Kondensatorın' sıyımlılıg'ı onın' plastinkalari arasındag'ı potentsiallar ayırması bir birlikke arttırıw ushın plastinkalarg'a qancha mug'darda zaryad beriw kerekligin ko'rsetedi.

Sferik kondensator radiuslari $R_1 > R_2$ bolg'a neki kontsentrik sfera formasidag'i plastinkalardan ibarat boladi (5-suwret).



5.6-расм.

Ishki plastinkag'a $q > 0$, sirtqi plastinkag'a bolsa $q < 0$ zaryad berilgen bolsin. Bizge belgili, zaryadlang'an sfera o'zinen sirtta elektr maydan payda etedi. Plastinkalar on' h'a'm teris zaryadlar menen zaryadlang'anliqlari ushin olar ta'repinen payda qiling'an elektr maydan sirtqi plastinkanin' sirtinda bir-birin jog'altadi. Sonin' ushin kondensator plastinkalari arasidag'i maydan ishki plastinkanin' q zaryadi payda etken maydandan ibarat boladi:

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$$

$$\frac{d\varphi}{dr} = -E_r = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r^2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left[\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right]$$

Ol jag'dayda

$$C = q/(\varphi_1 - \varphi_2) = 4\pi\epsilon_0\epsilon R_1 R_2 / (R_1 - R_2) \quad (4) \text{ eger } R_2 - R_1 = d \ll R_1 \text{ bolsa } C = \epsilon_0\epsilon S/d$$

bunda $S = 4\pi R^2$ -kondensator ishki plastinkasinin' maydan.

Tsilindrik kondensator -ulwma ko'sherge iye bolg'an h'a'm bir-birine kiydirilgen eki juqa diywalli metal tsilindrdan ibarat qurilma (6-suwret). R_1 radiusli ishki plastinkag'a on', R_2 radiusli sirtqi plastinkag'a teris q zaryad berilgen bolsin. Sferik kondensatorlar ushin ko'rsetilgen sha'rtlergk ko're plastinkalar arasinda toplang'an elektr maydan ishki plastinkanin' zaryadlari ta'repinen payda etiledi.

Bunda $R_2 - R_1 = d \ll \ell$ sha'rt ormlansa sheksiz uzun tsilindrlar dep olar arasidag'i maydan kernewliligin esaplaw mumkin:

$$\int E ds = \frac{q}{\epsilon_0\epsilon}$$

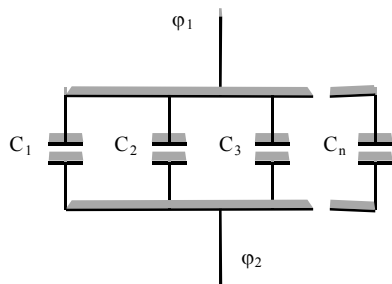
$$E 2\pi r l = \frac{q}{\epsilon_0\epsilon}$$

$$E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0\epsilon r}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{R_1}^{R_2} E dr = \int_{R_1}^{R_2} \frac{q dr}{2\pi\epsilon_0\epsilon l r} = \frac{q}{2\pi\epsilon_0\epsilon l} \ln \frac{R_2}{R_1}$$

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \quad (8)$$

Eger $R_2 - R_1 = d \ll R_1$ bolsa, $C = \epsilon_0\epsilon S/d$ payda boladi.



5.7-расм.

Kondensatorlardı jalg'aw. !melde kerek bolg'an elektr sıyımlılıg'ın payda qılıw ushın kondensatorlar bir-birine parallel yamasa izbe-iz jalg'anadı. Kondensatorlardı parallel jalg'aw 7-suwrette ko'rsetilgen. Parallel jalg'ang'an kondensatorlardın' plastinkaları arasındag'ı potentsiallar ayırması $\varphi_1 - \varphi_2$ birdey boladı. Olardın' plastinkalarında toplang'an zaryadlar bolsa sa'ykes jag'dayda

$$q_1 = c_1(\varphi_1 - \varphi_2),$$

$$q_2 = c_2(\varphi_1 - \varphi_2),$$

.....

$$q_n = c_n(\varphi_1 - \varphi_2).$$

Kondensator batareyasının' zaryadı

$$q = \sum_{i=1}^n q_i = (c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_n)(\varphi_1 - \varphi_2).$$

Batareyanın' tolıq sıyımlılıg'ı

$$c = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = c_1 + c_2 + \dots + c_n = \sum_{i=1}^n c_i \quad (9)$$

Demek ulıwma sıyımlılıq jalg'ang'an kondensatorlar sıyımlılıqlarının' jıyındısına ten' boladı.

Kondensatorlarnı izbe-iz jalg'aw

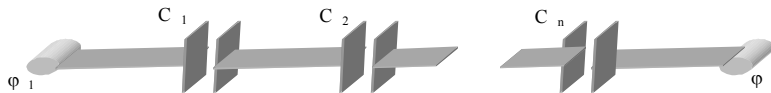
İzbe-iz jalg'aw 8-suwrette ko'rsetilgen. Bunda barlıq kondensatorlardag'ı zaryad mug'darı birdey h'a'm kondensatorlar batareyasının' zaryadına ten', kondensatorlar ushlarındag'ı potentsiallar ayırması bolsa tu'rlishe boladı,

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_3 + \dots + \Delta\varphi_n = q/C_1 + q/C_2 + \dots + q/C_n$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = q(1/C_1 + 1/C_2 + \dots + 1/C_n) = q/C$$

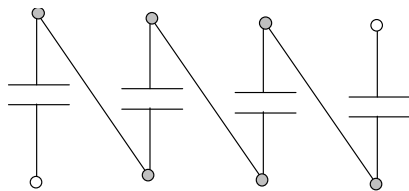
Demek, $1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + \dots + 1/C_n$ yamasa

$$\frac{1}{c} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{c_i} \right) \quad (10)$$



5.8 - p a c m

Juwmaqlawshı sıyımlılıq batareyag'a jalg'ang'an en' kishi sıyımlılıqtan h'a'm kishi boladı. Ma'selen: $C_1 = C_2 = \dots = C_n = C_0$ bolsa, $S = S_0/n$ boladı.



5.9-рәсім.

Eger 8-suwretdagidek parallel jalg'ang'an kondensatorlar batareyası birdey n kondensatorlardan ibarat bolsa h'a'm olardı $\Delta\varphi$ potentsiallar parqınasha zaryadlap son' zaryadlang'an jag'dayda izbe-iz jalg'asaq, (9-suwret) batareya klemalarıda $n\Delta\varphi$ potentsiallar parqı payda boladı. Sonday printspida joqarı kernewli impulsli generatorlar qurılıadı.

Bul generatorlar ja'rdeminde bir neshe megavolt potentsiallar parqın payda qılıw mumkin. İmpulsli generatorlar elektrotexnikada ken' qollanılıadı.

Zaryadlang'an kondensator energiyası.

Kondensatorđın' zaryadlanıw protsessin to'mendegishe ko'z aldımızg'a keltiriw mumkin. Sırtqı elektr maydanı ta'sirinde kondensator plastinkalarınn' birinen izbe-iz Δq zaryad u'lesleri alınıp,

onın' ekinshisine beriledi, na'tiyjede plastinkalardıń biri on' ekinshisi teris zaryadlanadı h'a'm olar arasında potentsiallar ayırması payda boladı. *a'r bir Δq zaryad u'lesin ku'shiriwde orınlang'an jumıs:

$$\Delta A = \Delta q(\varphi_1 - \varphi_2) = \Delta qU$$

U - plastinkalar arasındag'ı kernew.

Berilgen jumıs kondensatordın' energiyasına aylanadı.

$$dA = dW = Udq = \frac{q}{c} dq$$

Bul an'latpani integrallaw arqalı tolıq energiya tabıladı:

$$W = \int_0^q \frac{q dq}{c} = \frac{q^2}{2c} = \frac{qU}{2} = \frac{cU^2}{2} = \frac{c(\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2} \quad (11)$$

Bekkemlew ushın sorawlar:

1. Zaryad saqlanıw nızamı dep nege ayıldı?
2. Kulon nızamın aytıp berin'.
3. Qanday shartler orınlang'anda eki zaryadlang'an denelerdin' o'z-ara ta'sir ku'shin Kulon nızamı menen tabıw mumkin?
4. Elektr maydanın anıqlawshı tiykarg'ı shamalardı aytın'.
5. A'melde elektr maydanın bar ekenligin qanday biliw mumkin?
6. Elektr dipoli dep nege ayıldı.
7. Elektrostatik induksiya h'a'diyesini ta'riyplen'.
8. Elektr sıyımlılıg'ın aytıp berin'.
9. Kondensator dep qanday qurılmag'a ayıldı ?
10. Kondensatorlardı parallel h'a'm izbe-izjalg'awdı tu'sindirin'.
11. Elektrostatik maydan energiyasın tu'sindirin'.

10. Turaqlı tok nızamları

Jobası:

1. O'tkizgishler, yarimo'tkizgishler h'a'm dielektrikler. Elektr togının' payda bolıw sha'rti. Sırtqı ku'shler.
2. Om h'a'm Joule-Lents nızamlarının' differentsial h'a'm integral ko'rinishleri.
3. Toliq shinjir ushin Om nızamı. Kirxgof qa'deleri.

Tayanış so'zlar h'a'm tu'sinikler : o'tkizgishler, yarimo'tkizgishler, dielektrikler, elektr togı, o'tkiziwshen'lik togı, konveksion tok, tok ku'shi, turaqlı tok, tok tıg'ızlıg'ı, elektr togının' deregi, a'Om, o'tkizgishtin' qarsılıg'ı, salıstırma elektr o'tkiziwshen'lik, qarsılıqlardı parallel h'a'm izbe-iz jalg'aw, derektin' elektr qozg'awshı ku'shi, sırtqı ku'shler, ishki qarsılıq, Om nızamlari, tok shinjiri, tu'yin, Kirxgof qa'deleri.

1. O'tkizgishler, yarimo'tkizgishler h'a'm dielektrikler. Elektr togının' payda bolıw sha'rti. Sırtqı ku'shler.

Tok tasıwshılardıń (elektronlar, ionlar) bar ekenligi denenin' elektr o'tkiziwshen'liginin' tiykarg'ı sha'rti boladı. Denelerde tok tasıwshılardıń h'a'rakterine qarap, olar o'tkizgishlerge, dielektriklerge h'a'm yarimo'tkizgishlerge bo'linedi. O'tkizgishler - sonday deneler, olarda zaryadlar denenin' pu'tin ko'lemi boylap erkin ko'she aladı. O'tkizgishler eki tu'rge bo'linedi: birinshi tu'r o'tkizgishler (ma'selen, metallar) olarda erkin elektronlardıń ko'shiwi ximiyalıq o'zgeriwlersiz boladı; ekinshi tu'r o'tkizgishler (ma'selen, eritpeler, kislotalar), olarda zaryadlardıń ko'shiwi (on' h'a'm teris ionlar) ximiyalıq o'zgeriwler arqalı boladı.

Dielektrikler-(ma'selen, shiyshe, plastmassa) - elektr togın o'tkermeytug'm deneler, olarda erkin elektronlar ju'da' kem.

Yarimo'tkizgishler (ma'selen, germaniy, kremniy)-elektr o'tkiziwshen'ligi boyınsha o'tkizgishler menen yarimo'tkizgishler arasındag'ı deneler bolıp, zaryad tasıwshılıq wazıypasın elektronlar h'a'm on' zaryadlang'an gewekler ornılaydı. Olardıń o'tkiziwshen'ligi sırtqı sharayatlarg'a (ma'selen, temperaturag'a) baylanıslı.

Zaryalangan bo'lekshelerdin' bir bag'ıtdag'ı h'a'reketine elektr togı deyiledi. Elektr togının' bag'iti etip on' zaryadtın' h'a'reket bag'iti qabıl qılıng'an. Elektr togın payda etken zaryadlang'an bo'lekshelerdi tok tasıwshılar deydi.

Elektr togın mug'dar jag'man xarakterlew uchun tok ku'shi h'a'm tok tıg'ızlıg'ı tu'siniklerinen paydalanıladı. O'tkizgishtin' ko'ldenen' kesiminen birlik waqıt ishinde ag'ıp o'tip atırg'an zaryad mug'darın ko'rsetiwshi shamag'a tok ku'shi deyiledi. Eger dt waqıt ishinde o'tkizgishtin' ko'ldenen' kesiminen dq zaryad ag'ıp o'tip atırg'an bolsa, tok ku'shi to'mendegishe an'latıladı:

$$I = \frac{dq}{dt}. \quad (1)$$

Sı sistemasında tok ku'shinin' birligi etip Amper (A) qabıl qılıng'an. O'tkizgishtin' ko'ldenen' kesiminen 1 sekund waqıt dawamında 1 Kulon zaryad ag'ıp o'tip atırg'an bolsa, tok ku'shi 1 A boladı.

Eger ten' waqıtlar ishinde o'tkizgishtin' ko'ldenen' kesiminen o'tip atırg'an zaryadtın' mug'darı h'a'm onın' bag'iti turaqlı bolsa, bunday tok turaqlı tok deyiledi. Ol jag'dayda tok ku'shi:

$$I = \frac{q}{t}. \quad (2)$$

Tok turaqli bolwı uchun tok o'tip atirg'an o'tkizgishtin' barlıq tochkalarında elektr maydan kernewliligi turaqli saqlanıwı lazım. Sonın' uchun tok o'tip atirg'an o'tkizgishtin' bir ornında zaryadlar ko'beyip yamasa kemeyip ketpeydi. Keri jag'dayda berilgen zaryadların' elektr maydanı o'zgerip ketedi. Demek, turaqli tok o'tip atirg'an shınjır tuyıq bolwı, tok ku'shi bolsa shınjırın' barlıq ko'ldenen' kesimlerinde birdey bolwı kerek.

Tok ku'shi skalyar shama bolg'anı uchun, berilgen bet arqalı elektr togının' bo'lingenligin h'a'm usı bettin' tu'rli tochkalarında tok bag'ıtın an'latıw uchun tok tıg'ızlıg'ı vektorı degen shama kiritiledi. Tok tıg'ızlıg'ı dep o'tkizgish ko'ldenen' kesiminin' bir birligine tuwrı kelgen tok ku'shine aytladı:

$$j = dI/dS_n \quad (3)$$

bunnan

$$dI = j dS_n = j dS \cdot \cos\alpha = \vec{j} \vec{n} dS = \vec{j} d\vec{S}$$

yamasa

$$I = \int_S \vec{j} d\vec{S} = \int_S j_n dS, \quad (4)$$

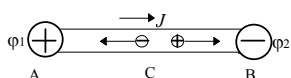
bul jerde j_n - tok tıg'ızlıg'ının' betke o'tkerilgen normal bag'ıtındag'ı proektsiyası. turaqli tok uchun bolsa

$$j = \frac{I}{S} \text{ (A/m}^2\text{)} \quad (5)$$

Elektr togının' payda bolıw sha'rtleri. Sırtqı ku'shler.

O'tkizgishte elektr toğı payda bolwı uchun onın' uchlarında potentsiallar ayırmasın payda qılıw kerek, sebebi zaryadlang'an bo'leksheler elektr maydanı ta'sirinde h'a'reketlenedi. A h'a'm V o'tkizgishler turli belgili zaryadlar penen φ_a , h'a'm φ_g , potentsiallarga zaryadlang'an bolsın

Maydan ku'shleri ta'sirinde on' zaryadlar ASV, terisleri bolsa qarama-qarsı bag'ıtta h'a'reketlene baslaydı. Tok o'tiwi na'tiyjesinde potentsiallar ten'lesedi h'a'm maydan kernewliligi nolge ten' boladı, tok toqtaydı. Demek, elektr maydanı o'tkizgishte qısqa waqıtlı tok payda etedi. Elektr shınjırında toktın' o'tip turıwın ta'miynlew uchun shınjır ishinde zaryadları ajratıwshı h'a'm o'tkizgishlerge ko'shırıwshı arawlı qurılma kerek boladı. Bunday qurılma tok deregi deyiledi. Bul qurılmada (generatorda) elektronlarga elektrostatik xarakterde bolmag'an ku'shler ta'sir etedi. Tok deregi ta'repinen zaryadlarga ta'sir etiwshı bul ku'shler sırtqı ku'shler deyiledi. Sırtqı ku'shlerdin' ta'biyatı h'a'r qıylı bolwı mumkin, ma'selen, ximiyalıq energiya, magnit maydan energiyası, mexanik energiya esabınan h'a'm basqalar.



6.1-рaсm

Sırtqı ku'shler, elektr zaryadın ko'shirip jumis orınlaydı:

$$A_t/q = \epsilon. \quad (6)$$

Bul jumıstın' ko'shirilgen zaryad mug'darına qatnası tok dereginin' elektr qozg'awshı ku'shi (ENoK) deyiledi.

Basqacha etip aytqanda tok dereginin' elektr qozg'awshı ku'shi, sırtqı ku'shlerdin' birlik on' zaryadtı tok deregin o'z ishine alg'an tuyıq shınjır boylap ku'shiriwde orınlag'an jumısı menen an'latıladı.

q zaryadına ta'sir etiwshı sırtqı ku'sh

$$F_t = qE_t \quad (7)$$

ko'rinisinde an'latıladı.

Elektr qozg'awshı ku'sh birligi etip volt (V) qabil etiledi: a' V - sonday tok dereginin' ENeKi, bunda sırtqı ku'shler tuyıq shınjır boylap a' Kl zaryadtı ku'shiriwde a' J jumıs orınladı.

Ulıwma jag'dayda o'tkizgishlerdegi q zaryadlı tok tasıwshılarg'a Kulon h'a'm sırtqı ku'shler ta'sir etedi:

$$\vec{F} = \vec{F}_k + \vec{F}_T = q(\vec{E}_k + \vec{E}_T)$$

bunda \vec{E}_k - o'tkizgish ishindegi elektrostatik maydan kernewliligi; \vec{E}_T tok deregi ishindegi sırtqı ku'shler kernewliligi.

Berilgen ku'shler ta'repinen q zaryadtı elektr shınjırının' bir bo'leginde ku'shiriwde orınlag'an jumıs

$$A_{12} = \int_1^2 F_k dl + \int_1^2 F_T dl = q \int_1^2 E_k dl + q \int_1^2 E_T dl = q(\varphi_1 - \varphi_2) + q\mathcal{E}_{12}$$

Elektrostatik h'a'm sırtqı ku'shler birlik zaryadtı ku'shiriwde orınlag'an jumısına san jag'man ten' shamanı shınjırın' berilgen bo'leginde kernew tu'siwi yamasa kernew U deyiledi:

$$U = \varphi_a - \varphi_g + \varepsilon_a g' \quad (8)$$

Sırtqı ku'shler bolmag'anda kernew $U = \varphi_a - \varphi_g$ shınjırın' berilgen bo'legindegi potentsiallar parqına ten' boladı2. Om h'a'm Joul - Lents nızamlarının' integral h'a'm differentsial ko'rinisi O'tkizgish h'a'm tok deregilerin izbe-iz yamasa parallel jalg'aw tiykarında payda bolg'an sistema elektr shınjır deyiledi. Ha'm ol bir tekli yamasa bir tekli bolmag'an bo'leklerge bo'linedi. Bunda tok deregi qatnasqan bo'legin shınjırın' bir tekli bolmag'an bo'legi, tok deregi qatnaspag'an bo'legin bolsa bir tekli bo'legi deyiledi. Eger shınjırın' turli bo'leklerinde potentsiallar parqı payda etilse, olardan elektr togı o'tedi. Shınjırın' bir tekli bo'lekginen o'tip atırg'an tok ku'shinin' potentsiallar ayırmasına baylanısın ta'jiriye teksergen nemis alımı G. Om to'mendegi nızamdı jarattı:

$$I=U/R, \quad (9)$$

bunda R – shinjirdin' tekserilip atirg'an bo'leginin' qarasilig'i;
U- qarasilig ushlarindag'i potentsiallar ayirmasi yamasa kernew.

Sİ sistemasında potentsial (V) voltda o'lishenedi.

Joqarida aytqanimizday tok ku'shi I amperlerde o'lishenedi. (9) dan aniqlang'an qarasilig Om larda o'lishenedi. Ushlarında kernew tu'siwi 1V bolg'anda 1 A tok o'tetug'm o'tkizgishtin' qarasilig'i 1 Om dep qabil qiling'an.

O'tkizgishtin' qarasilig'i onin' ta'biyatına h'a'm geometrik o'lsheklarine baylanisli boladi:

$$R = \rho \frac{\ell}{S}, \quad (10)$$

bul jerde ρ - o'tkizgishtin' salistirma qarasilig'i; ℓ h'a'm S - sa'ykes tu'rde o'tkizgishtin' uzunlig'i h'a'm ko'ldenen' kesimi maydanı.

(10) dan ρ nın' o'lsheklarini birligi Om·m boladi h'a'm ol to'mendegi ma'niske iye:

ρ - berilgen o'tkizgishtin' uzunlig'i a'm h'a'm ko'ldenen' kesim maydanı 1 m² etip jasalg'an tsilindrın' qarasilig'ına ten'.

O'tkizgishtin' qarasilig'i temperatura artıwı menen to'mendegishe o'zgeredi:

$$R = R_0 (1 + \alpha t) \quad (11)$$

bundag'i $\alpha = 1/273$ g'a jaqın san bolıp qarasilıqtın' termik koeffitsienti dep ataladı. (11) dan paydalanıp temperaturanı o'lshektug'm asqablar (termistorlar) jasaladı.

Om nızamın tokın' tıg'ızlıg'i uchun h'a'm jazıw mumkin:

$$j = \frac{I}{S} = \frac{U}{SR} = \frac{E\ell}{S\rho\ell} S = \frac{1}{\rho} E = \sigma E$$

yamasa

$$\vec{j} = \sigma \vec{E} \quad (12)$$

bul jerde $\sigma = 1/\rho$ - o'tkizgishtin' salistirma elektr o'tkiziwshen'ligi;

\vec{E} - o'tkizgishtin' ishindegi elektr maydan kernewlilik vektori.

(u'.a'g') an'latpa Om nızamınin' differentsial ko'rinisi deyiledi.

Shinjirdin' bir tekli bolmag'an bo'leginde elektr zaryadlar g'a ishki (\vec{E}_i). h'a'm sırtqı (\vec{E}_t) ku'shler maydanı ta'sir etganligi sebepli (12) an'latpa to'mendegishe jazıladı:

$$\vec{j} = \sigma (\vec{E}_t + \vec{E}_i) \quad (13)$$

Potentsiallar ayirmasi $\varphi_1 - \varphi_2$ bolg'anda I tok o'tip atirg'an shinjirdin' bir tekli bo'legin ajratıp alayiq. t waqıt dawamında shinjirdin' berilgen bo'legin q=It zaryad ag'ıp o'tedi. Bunda elektr maydan ku'shleri q zaryadlı potentsialı joqarı bolg'an φ_1 tochkadan potentsialı to'men bolg'an φ_2 tochkasına ko'shirip jumıs orinlaydı.

$$A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2) = U_{12} It$$

Om nızamına ko're

$$A_{12} = IU_{12} t = I^2 R t \quad (14)$$

Eger shinjir bir tekli bolmasa, zaryadlar dı ku'shiriwde jumıstı elektr maydan h'a'm sırtqı ku'shler orinlaydı:

$$A_{12} = (U_{12} + \varepsilon) It$$

Shinjirdin' bir tekli bolmag'an bo'legine tiyisli Om nızamınan paydalansaq

$$A = (U_{12} + \varepsilon) It = I^2 R_{12} t$$

Shinjir tuyıq bolsa $U_{12} = 0$

$$A = \varepsilon It = I^2 R t = I^2 (R_0 + r) t \quad (15)$$

Tuyıq shinjirda jumıstı tok deregi orinlaydı. Sonın' ushın EQK dep birlik on' zaryadlı tuyıq shinjir boyınsha ku'shiriwde tok deregi orinlag'an jumısqa aytiladı.

Elektr tokın' birlik waqıt ishinde orinlag'an jumısın xarakterlewshi shamag'a onın' quwatlılıg'i

deyiledi:

$$R=A/t \quad (16)$$

Shinjurdin' bir bo'leginde ajralıp shıqqan quwat:

$$R=IU_{12} + I\varepsilon$$

Tuyıq shınjurdın' tolıq quwatı bolsa:

$$R_t = I\varepsilon \quad (17)$$

Sırtqı shınjurdan ajralatug'm quwat:

$$R_t = IU = I^2R = U^2/R \quad (18)$$

Jumis Djoul, quwat bolsa watt birliginde o'lishenedi.

Shınjırda turaqlı toktı uslap turıw uchun turaqlı A jumıstı ornılap turıw kerek. Elektr togının' energiyası bolsa u'zliksiz bas-qa tu'rdegi energiyag'a aylanıp turadı. Eger shınjırda basqa protsessler bolmasa (ximiyalıq protsessler, o'tkizgish h'a'reketleniwshi) elektr energiyası tolıq menen Q ıssılıqqa aylanadı, na'tiyjede o'tkizgish qızadı, yag'nıy

$$A=Q=IUt=I^2Rt=U^2t/R \quad (19)$$

(19) an'latpa Djoul-Lents nızamının' integrall ko'rinisi deyiledi.

Joqarıdag'ı $J = jS$ h'a'm $U = E\ell$ lardı inabatqa alsaq

$$Q = jSE\ell t = \sigma E^2 Vt \quad (20)$$

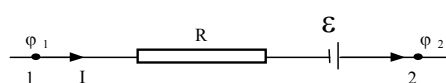
bul jerde $V = S\ell$ o'tkizgishtin' ko'lemi. E - o'tkizgish ishindegi elektr maydan kernewliligi, ℓ - o'tkizgishtin' uzınlıg'ı.

O'tkizgishtin' birlik ko'leminen birlik waqıt ishinde ajralıp shıg'ıp atırg'an ıssılıq salıstırma quwat deyiledi.

$$w = Q/Vt = \sigma E^2 \quad (21)$$

Bul an'latpa Djoul-Lents nızamının' differentsial ko'rinisi deyiledi.

3. Galvanik elementi bar bolg'an shınjır uchun Om nızamı. Kirxgof qa'deleri.



6.3 - p a c m

Om nızamı $I=U/R$ bir tekli o'tkizgish uchun tuwrı boladı, eger o'tkizgish bir tekli bolmasa, yag'nıy onda tok deregi h'a'm bolsa, ol jag'dayda Om nızamı qanday ko'riniside bolıwın anıqlaylık (3-suwret).

Eger tok tınısh turg'an o'tkizgishten o'tıp atırg'an bolsa, orınlang'an dA_{12} jumıs (sırtqı h'a'm elektrostatik ku'shler orınlag'an jumıs) energiya saqlanıw nızamına tiykarlanıp 1-2 bo'lekte ajralgan dQ ıssılıqqa ten' boladı. dt waqıtta ko'shirilgen q zaryad $I dt$ g'a ten'. Usı zaryadı 1-2 bo'lekte ku'shiriwde sırtqı h'a'm elektrostatik ku'shler orınlag'an jumıs

$$A_{12}=q\varepsilon_{12}+q(\varphi_1-\varphi_2) \quad (22)$$

dt waqıtta o'tkizgishte

$$dQ=I^2Rdt=IR(I dt)=IRq \quad (23)$$

(u'.g'g') h'a'm (u'.g'q) dan

$$IR = \varepsilon_{12} + (\varphi_1 - \varphi_2) \quad (24)$$

bunnan

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}}{R} \quad (25)$$

payda boladi. (25) an'latpa bir tekli bolmag'an elektr shinjiri uchun Om nizamı yamasa Om nizamının' ulıymalasqan ko'rinisi deyiledi.

Eger shinjirdın' berilgen bo'leginde tok deregi bolmasa, ($\varepsilon_{12}=0$) (25) dan $I=U/R$ kelip shıg'adı.

Eger shinjir tutastırılğ'an bolsa ($\varphi_1=\varphi_2$) $I=\varepsilon_{12}/R$ kelip shıg'adı, bunda $R=r+R_1$, r-derektin' ishki qarsılığ'ı, R_1 -sırtqı qarsılıq.

Eger shinjir uzuk bolsa ($I=0$), ol jag'dayda $\varepsilon_{12}=\varphi_1-\varphi_2$ boladı.

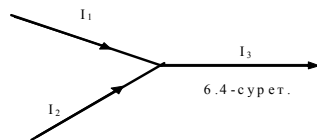
Demek, shinjir ashıq bolsa, tok deregi klemmalarındag'ı potentsiallar ayırması derektin' EQKine ten' boladı.

Kirxgof qa'deleri.

Ha'r qanday quramalı, tarmaqlang'an turaqlı tok shinjirının' bo'leklerinen o'tip atırg'an toklardı h'a'm potentsial ayırmaların Om nizamı ja'rdemide esaplawımız mumkin, biraq Kirxgof usıng'an eki qa'deden paydalansaq ma'sele bir qansha a'piwayılasadı. Qa'delerden biri sıziqlı o'tkizgishlerde elektr zaryadının' saqlanıw nizamın, ekinshisi bolsa Om nizamın qollanıwdın' natıjasın sıpatlaydı h'a'm to'mendegishe ta'riyplenedi.

Kirxgofın' birinshi qa'desi: o'tkizgishlerdin' tarmaqlanıw tochkasında tokların' algebrık jıyındısı nolge ten'. Bunda tarmaqlanıw tochkasına kelip atırg'an h'a'm ketip atırg'an tokların' belgisin qarama-qarsı dep esaplaw gerek.

Ma'selen: 4-suwrettegi tarmaqlanıw tochkası uchun berilgen qa'de to'mendegishe jazıladı:



$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

a'dette u'ch h'a'm onnan artıq o'tkizgishler jalğ'ang'an elektr shinjirinin' tochkası tu'yin deyiledi. Eger birinshi qa'de orınlanbasa, tu'yinde elektr zaryadları toplanıp qalıwı, waqıt o'tiwi menen o'zgerip ketiwi h'a'm aqıbetinde elektr maydanı h'a'm o'zgerip, tok turaqlılığ'ı saqlanbaydı. Demek, turaqlı tok shinjirdın' tu'yininde birinshi qa'de orınlanıwı sha'rt.

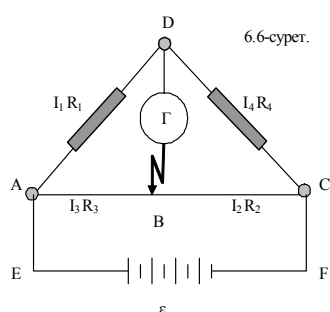
Kirxgofın' ekinshi qa'desi: quramalı elektr shinjir ishinde iqtıyariy tuyıq konturdı ajratıp alsaq, og'an ta'sir etip atırg'an elektr qozg'awshı ku'shlerdin' algebraik jıyındısı usı kontur bo'leklerinen o'tip atırg'an toktın' sa'ykes bo'leklerindegi qarsılıqlarg'a ko'beymelerinin' algebraik jıyındısına ten' boladı.

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = \sum_{i=1}^n I_i R_i$$

an'latpa Kirxgofın' ekinshi qa'desi deyiledi.

Kirxgofın' ekinshi qa'desın usınıwda to'mendegilerge a'mel qılıw lazım boladı:

1. Tan'lap alıng'an konturdın' barlıq bo'leklerind toktın' bag'ıtın iqtıyariy belgilew mumkin. Eger esaplaw na'tıyjesinde toktın' belgisi on' bolsa, onın' bag'ıtı tuwrı tan'lang'an boladı. Al eger toktın' belgisi teris bolsa, onın' h'aqıyqiy belgisi tan'lang'an bag'ıtına kerı boladı.



2. Iqtıyariy tan'lap alıng'an konturdı ma'lim birdey bag'ıtta aylanıp shıg'ıw lazım boladı.

Eger bul bag'ıt tan'lang'an bag'ıtına sa'ykes kelse IR dın' belgisi on', kerı jag'dayda teris etip alınadı. Eger aylanish bag'ıtı tok dereginin' teris polyusman on' polyusına sa'ykes kelse ε nin' belgisi on', kerı jag'dayda teris alınadı.

3. Jazılğ'an ten'lemeler sistemasına barlıq tok dereklerinin' h'a'm barlıq o'tkizgishlerdin' qarsılıqları kiritiliwi gerek.

Bekkemlew ushın sorawlar:

1. Elektr togın' tiykarg'ı xarakteristikaların aytın'.
2. Om nızamının' differentsial formasın da'liyllen'.
3. Kirxgof qa'delerin aytın'.
4. Shınjırdın' bir bo'legindegi EQK, jumıs, kernew h'a'm potentsiallar ayırmasının' fizik ma'nislerin aytın'.

11. Magnit maydanı nızamları.

Jobası:

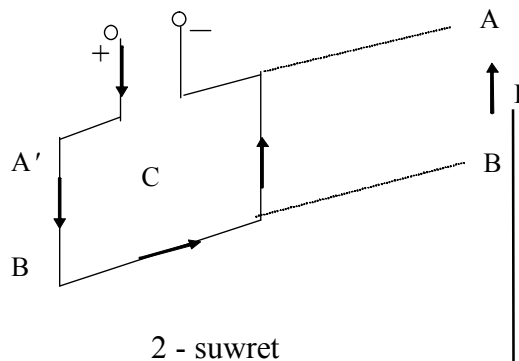
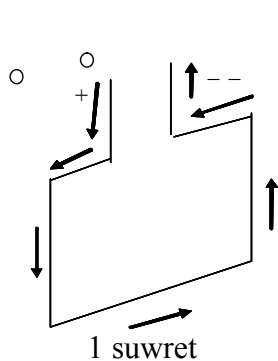
1. Magnit maydanı h'a'm onın' xarakteristikası. Magnit induksiya vektori.
2. Bio-Savar h'a'm Laplas nızamı. Tuwrı h'a'm aylanba toktın' magnit maydanın esaplaw.
3. Amper nızamı. Parallel toklardın' o'z-ara ta'siri.
4. Ha'reketdegi zaryadqa magnit maydanın' ta'siri. Lorents ku'shi.

Tayanış so'z h'a'm tu'sinikler: Elektr zaryadları, magnit maydanı, toklı ramka, normal, jup ku'sh momenti, ramkanın' magnit momenti, magnit induksiya, parma qa'desi, magnit sin'iriwshilik, maydanlar supperpozitsiya printsipi, tok elementleri. Amper ku'shi, shep qol qa'desi, parallel toklar, Lorents ku'shi, orayg'a umtılwshi ku'sh,

1. Magnit maydanı h'a'm onın' xarakteristikası. Magnit induksiya vektori.

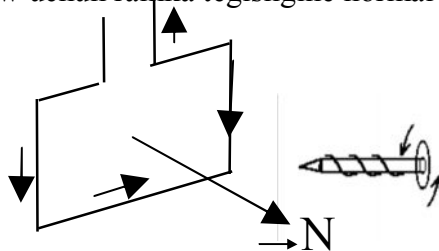
Elektr zaryadları do'geresindegi ken'islikte elektostatik maydan payda bolg'ani sıyaqlı elektr tokların' do'geresindegi ken'islikte o'z aldına ta'biyatlı maydan payda boladı, bul maydan magnit maydanı delinedi. Elektostatik maydan o'zine kiritilgen zaryadlı denelerge ta'sir etiwshi ku'shler arqalı seziledi. Magnit maydan bolsa usı maydang'a kiritilgen toklı o'tkizgishlerge ta'sir etiwshi ku'shler arqalı bayqaladı. Magnit maydanın' tokka ta'siri usı tok o'tip atırg'an o'tkizgishtin' formasına o'tkizgishtin' maydandag'ı jag'dayına h'a'm ondag'ı toktın' ku'shi bag'ıtına qarap h'a'r qıylı boladı. Usı sebepli magnit maydanın xarakterlew uchun onın' belgili bir tokka ta'sirin u'yreniw lazım. Bunda biz da'slep toklı o'tkizgishler boslıqta jaylasqan dep esaplaymız. Magnit maydanın' qa'siyetlerin bolsa usı maydanın' toklı tuyıq tegis konturg'a ko'rsetetug'in ta'sirine qarap u'yrenemiz. Bunday kontur ramka deyiledi. Ramkanın' o'lshepleri tekserilip atırg'an tochkadag'ı magnit maydanın payda etip atırg'an toklar o'tip atırg'an o'tkizgishlergeche bolg'an aralıqqa salıstırg'anda kishi bolıwı kerek.

Magnit maydan qa'siyetlerin tekseriw uchun buralıw deformatsiyasın seze alatug'in, jin'ishke jipke asıp qoyılğ'an ramkadan paydalanamız (1-suwret).



Ta'jiriye sonday kishi ramka tok o'tip atırg'an simlar qaptalina jaylastırılса, ma'lim da'rejede burılıwın ko'rsetedi. Magnit maydan ramkag'a orientirlewchi ta'sir ko'rsetedi.

Ma'selen, uzun tuvri sim arqali I tok o'tip atirg'an bolsin (2-suwret). Bunday sim jaqinina keltirilgen S ramka buralip, sim arqali o'tiwshi AA'VV' tegislik boylap jaylasip aladi. Magnit maydan bag'itn xarakterlew uchun ramka tegisligine normal o'tkeremiz (3suwret).



3.-Suwret

Normaldin' uchinan qarag'anımızda ramkadag'ı tok saat strelkasına kerı bag'ıtlang'an jag'dayda ko'rınse, bul bag'ıttı normaldin' on' bag'ıtı dep qabil qılamız.

Basqacha aytqanda, normaldin' on' bag'ıtı dep da'stesi ramkada o'tip atirg'an tok bag'ıtı boylap aylanıp atirg'an parmanın' ilgerlemeli h'a'reketi bag'ıtın qabil etemiz.

Maydan ta'sirinde ramkanın' orientirleniwi magnit maydanda ramkag'a jup ku'sh ta'sir qılıwın ko'rsetedi. Ta'jiriybe bul *jup ku'sh momenti* (M)nin' shaması ramkanın' o'lshemleri (maydanı S), orientirleniwi h'a'm onnan o'tip atirg'an tok ku'shi (I) g'a baylanıslı ekenligin ko'rsetedi:

$$M \sim IS \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

Ramkadan o'tip atirg'an tok ku'shi I menen ramka maydanının' ko'beymesi ramkanın' magnit momenti (R_m) deyiledi.

$$R_m = IS \quad (2)$$

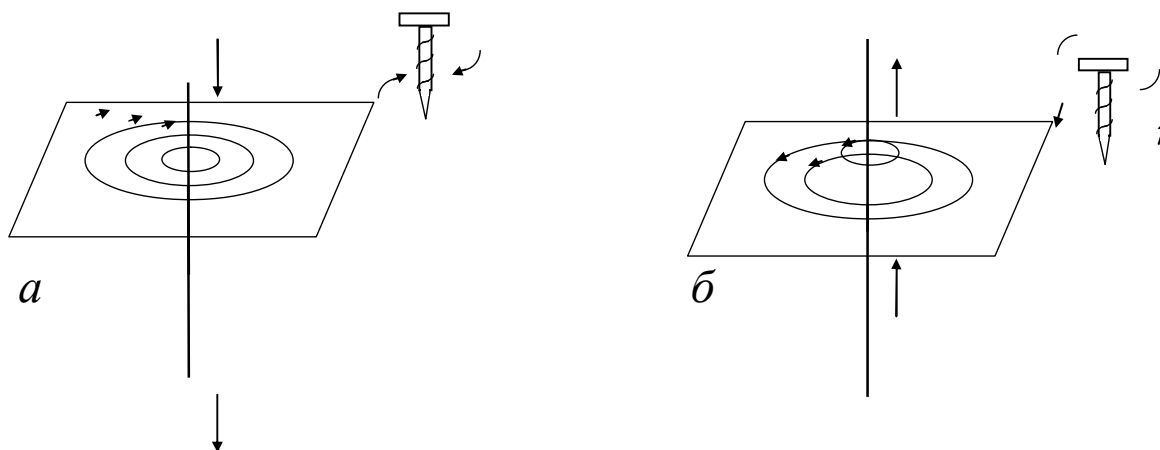
Magnit maydanının' ıqtıyariy tan'lap alıng'an tochkasına magnit momentlarinin' ma'nisleri tu'rlishe bolg'an sıaw ramkaların izbe-iz kiritsek, olarg'a ta'sir etetug'in jup ku'sh momentlarinin' maksimal ma'nisleride tu'rlishe boladı. *Biraq, h'a'r bir sıaw konturg'a ta'sir etiwshi aylandırıwçı ku'sh momentinin' ramkanı magnit momentine qatnası magnit maydanının' usı tochkası uchun turaqlı shama boladı. Magnit maydanının' mug'darlıq xarakteristikası wazıypasın orınlaytug'ın bul qatnas magnit induktsiyası V dep atalatug'ın vektor shamanı sıpatlaydı:*

$$V = \frac{M}{Pm} \quad \text{yamasa} \quad B = \frac{M}{IS} \quad (3)$$

Sİ sistemasında magnit induktsiya birliğı sıpatında magnit maydanının' sonday tochkasının' magnit induktsiyası qabil etilgen, bul tochkag'a kiritilgen magnit momenti $1 \text{ A} \cdot \text{M}^2$ bolg'an tegis konturg'a magnit maydanı ta'repinen ta'sir etetug'in aylandırıwshı momenttin' maksimal ma'nisi $1 \text{ N} \cdot \text{M}$ ge ten' bolıwı lazım. Bul birlik Tesla (Tl) dep ataladı:

$$1 \text{ Tl} = 1 \text{ N} \cdot \text{M} / 1 \text{ A} \cdot \text{M}^2 = \text{N} / \text{M} \cdot \text{A}$$

Magnit maydanın grafik usılda suwretlew uchun magnit induktsiya sıızıqlarınan paydalanıladı. Tuvrı toktın' magnit induktsiya sıızıqları orayları o'tkizgish u'stinde jatqan kontsentrik shen'berlerden ibarat boladı (4suwret).



Magnit induksiya sızıqlarının' bag'ıtın anıqlawda parma qa'desinen paydalanıladı: eger parmanın' ilgerlemeli h'a'reketin tok penen birdey jibersek, ol jag'dayda parma da'stesinin' aylanıw bag'ıtı magnit induksiya sızıqlarının' bag'ıtın ko'rsetedi. Makrotoklar payda etken magnit maydan kernewliligi \vec{H} vektorı magnit induksiya vektorı \vec{B} menen izotrop ortalıqlar uchun to'mendegishe baylanısqa

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}. \quad (4)$$

(4) - ten'likte μ_0 - magnit turaqlısı, μ - ortalıqtın' magnit sindiriwshen'ligi bolıp, bul shama mikrotoklar (zat atomları h'a'm molekulları elektronlarının' h'a'reketi sebepli payda bolatug'ın toklar) esabınan magnit maydan kernewlilik vektorı \vec{H} neshe ma'rte ko'sheygenligin ko'rsetedi.

2. Bio-Savar h'a'm Laplas nızamı. Tuwrı h'a'm aylanba toktın' magnit maydanını esaplaw.

Bio h'a'm Savar turli formadag'ı o'tkizgishler do'geregindegi magnit maydanların tekserip, toklı o'tkizgishden r aralıqta jaylasqa birar tochkanın' magnit induksiya o'tkizgishtegi tok ku'shi I g'a tuwrı proporsionallıg'ın anıqladı. Laplas iqtıyariy formadag'ı toklı o'tkizgishler do'geregindegi tochkalarda payda bolatug'ın magnit induksiyanı anıqlawda maydanlar superpozitsiya printsipinen paydalandı. Bul printsipke ko're, bir neshe toklar sebepli payda bolatug'ın maydannın' iqtıyariy tochkasındag'ı magnit induksiya \vec{B} o'z aldına toklar payda etip atırg'an maydanlardın' usı tochkadag'ı magnit induksiyanı (\vec{B}_i) vektor jıyındısına ten' boladı, yag'nıy

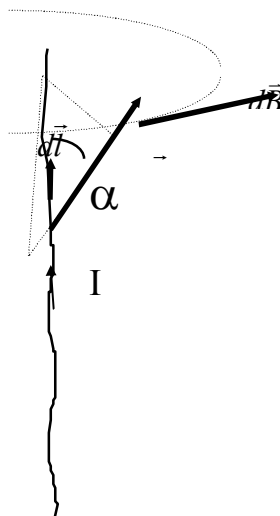
$$\vec{B} = \vec{B}_a + \vec{B}_g + \vec{B}_q + \dots + \vec{B}_n = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i. \quad (5)$$

Iqtıyariy formadag'ı toklı o'tkizgish payda qılq'an maydannın' birar tochkasındag'ı magnit induksiya onıń ayırım bo'lekleri payda qılq'an magnit induksiyanıń vektor jıyındısına ibarat boladı, yag'nıy

$$\vec{B} = \sum_{i=1}^n d\vec{B}_i = \int_{\ell} d\vec{B}. \quad (6)$$

h'a'r bir tok elementi (Idl) payda etip atırg'an (h'.o'-suwret) magnit induksiya

$$d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I[d\vec{\ell} \cdot \vec{r}]}{r^3}. \quad (7)$$



Suwret 5

$d\vec{B}$ ning moduli uchun to'wendegi an'latpa orinli:

$$dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Id\ell \sin \alpha}{r^2} \quad (8)$$

(7) h'a'm (8) qatnaslar Bio-Savar h'a'm Laplas nizamini sapatlaydi. Bul an'latpalarda \vec{r} - tok elementinen magnit induktsiyasi aniqlanadigan tochkag'a o'tkerilgan radius-vektor; α - o'tkizgish elementar bo'lekchksi $d\vec{\ell}$ menen \vec{r} arasindagi mu'yesh; μ - ortaliqtin magnit sindirivshen'ligi; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ N/A² magnit turaqlisi.

$d\vec{B}$ ning bag'itini $d\vec{\ell}$ h'a'm \vec{r} vektorlardan o'tiwshi tegislikke tik boladi h'a'm parmaqa'desinen tabiladi: parma da'stesi $d\vec{\ell}$ dan \vec{r} g'a en' kishi mu'yesh arqali burilg'anda onin' uchi B boynsha ketadi.

a) Tuvri tokning magnit maydani

Sheksiz uzun, jin'ishke o'tkizgish o'zinen R araliqta joylasqan birar A tochkada payda etken magnit induktsiya shamasini dV ni esaplayiq $r = R/\cos\alpha$, $d\ell = r \cdot d\alpha/\cos\alpha$

Bul an'latpalarda h'h'-ten'likka qoyip tok elementi payda etken magnit induktsiyasi shamasini tabamiz.

$$dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi R} \sin \alpha \cdot d\alpha \quad (9)$$

h'9 - ten'liktegi mu'yesh α ma'nisleri 0 dan π ge shekem o'zgergeni uchun 6 h'a'm 9 - ten'liklarga ko're:

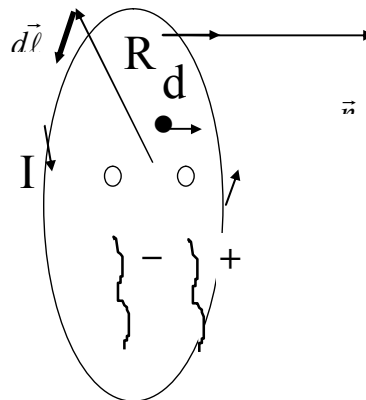
$$V = \int dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{R} \int_0^\pi \sin \alpha \cdot d\alpha = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2I}{R}$$

Demek, tuwri tokning magnit induktsiyasi $V = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2I}{R}$ (10)

10-ten'likke ko're, tuwri tok payda etken magnit induktsiyasi shamasini tok ku'shine proporsional eken.

b) Aylanba tok orayindagi magnit maydani

Radiusi R bolgan shen'ber formadagi o'tkizgishden I tok o'tip atirgan bolsin (7-suwret).



7-suwret

Shen'berdin h'a'r bir dl elementi h'a'm radiusi R arasindagi mu'yesh $\pi/2$ ge ten' bolganligi uchun Bio-Savar-Laplas nizamini tiykarlanip:

$$dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Id\ell}{R^2} \quad (11)$$

Barliq dB lar birdey bag'itta, yag'nuy shen'ber orayinan o'tiwshi on' normal (\vec{n}) boylap bag'itlang'an. Sonin' uchun juwmaqlawshi maydanning' shen'ber orayindag'i magnit induktsiyasi:

$$V = \int dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{1}{R} \int_0^{2\pi R} dl = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{R^2} \cdot 2\pi R = \frac{\mu\mu_0 I}{2R}$$

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2R} \quad (12)$$

Shen'ber formadag'i tokli konturdin' magnit momenti $R_m = IS = I \cdot \pi R^2$ bolg'ani uchun (12)-an'latpani to'mendegishe o'zgartip jaziw mumkin:

$$B = \mu_0 \mu \frac{I}{2R} \cdot \frac{\pi R^2}{\pi R^2} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2P_m}{R^3} \quad (13)$$

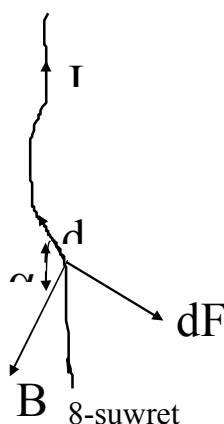
\vec{B} h'a'm \vec{P}_m vektorlar konturg'a o'tkerilgen on' normal \vec{n} boylap bag'itlang'an uchun to'mendegi qatnas orinli boladi:

$$\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2\vec{P}_m}{R^3} \quad (14)$$

(14) ten'likke ko're do'n'gelek toktin' magnit maydani shen'ber formadag'i tokli konturdin' magnit momentine tuwrı proporsional eken.

3. Amper nızamı. Parallel toklardın' o'z-ara ta'siri.

Magnit maydanda jaylasqan tokli o'tkizgishke maydan ta'repinen ta'sir etiwshi ku'sh usı maydanning' magnit induktsiyası V g'a, o'tkizgishtin' geometriyalıq o'lshemlerine h'a'm onnan o'tip atırg'an tok ku'shi I ge baylanisli boladı.



o'tkizgishtin' dl elementine ta'sir etiwshi ku'shti

$$d\vec{F} = \vec{I} \cdot [d\vec{l} \vec{B}] \quad (15)$$

an'latpa menen, onin' moduln bolsa

$$dF = IdlB \sin \alpha \quad (16)$$

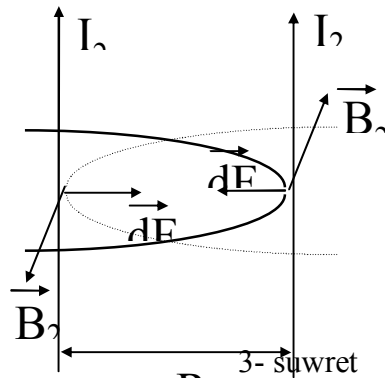
an'latpa menen aniqlanadı. 15, 16 - an'latpalar Amper nızamın sıpatlaydı. an'latpalarda V - maydanning' dl element jaylasqan oblastındag'i magnit induktsiyası, α - $d\vec{l}$ h'a'm \vec{B} vektorlar arasındag'i mu'yesh (8-suwret).

Ta'sir etiwshi ku'shtin' (Amper ku'shi) bag'ıtı shep qol qa'desi menen aniqlanadı.

Qag'ıyda: *shep qolımızdı sonday jaylastırıw kerek, bunda V induktsiya sızıqları alaqaımızg'a kirsın, to'rt achılg'an barmaq tok bag'ıtına sa'ykes kelsa, 90° g'a ashılg'an bosh barmaq Amper ku'shinin' bag'ıtın ko'rsetedi.*

Amper nızamı tok o'tip atırg'an eki parallel o'tkizgishlerdin' o'z-ara ta'sir ku'shlerin aniqlawda qollanıladı.

O'z-ara parallel, arasındag'i aralıq R bolg'an I_1 h'a'm I_2 toklar o'tip atırg'an (toklar bag'ıtı g'-suwrette ko'rsetilgen) sheksiz uzınlıqtıg'i tokli o'tkizgishlerdi ko'rip o'teyik.



*a'r bir o'tkizgish o'zining do'gri qirg'ida magnit maydanin payda etedi h'a'm usi maydan orqali Amper nizamina ko're janindagi tokli o'tkizgishke ta'sir etedi. I_a tok o'tip atirgan o'tkizgish do'gri qirg'ida payda bolgan magnit induksiya

$$B_a = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{2I_1}{R}$$

bolip I_g tok o'tip atirgan o'tkizgishning dl elementine Amper nizamina tiykarlanip

$$dF_g = I_g B_a dl$$

ku'sh penen ta'sir etedi.

$$dF_2 = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{2I_1 I_2}{R} dl$$

Tap usunday I_g tok payda etken magnit maydan I_a tok o'tip atirgan o'tkizgishning dl elementine dF_g ku'shke qarama-qarsi bag'itlang'an

$$dF_a = I_a B_g dl = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{2I_1 I_2}{R} dl \quad (9.u')$$

ku'sh penen ta'sir etedi. 9.o' h'a'm 9.u' ni ten'liklerini salistirip $dF_a = dF_g$ ekenligi, yag'nuy toktin' bag'iti bir ta'repke bag'itlang'an eki parallel o'tkizgish bir-birine

$$dF = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{2I_1 I_2}{R} dl \quad (9.w)$$

ku'sh penen tartilishin ko'remiz.

Eger eki parallel o'tkizgishlerdegi toklar bag'iti qarama-qarsi bolsa, shep qol qa'desin qollag'an jag'dayda, bul o'tkizgishler o'z-ara bir-birinen qashivin ko'riw mumkin.

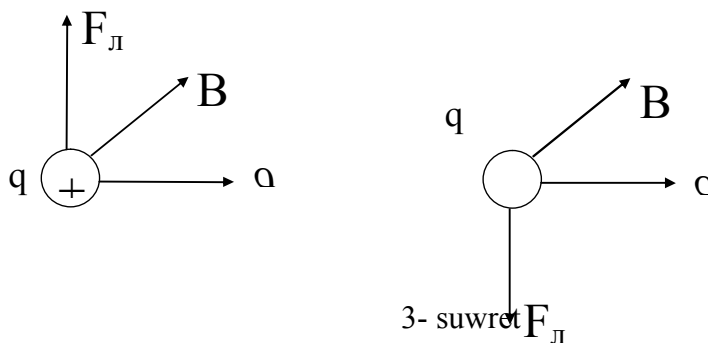
4. Ha'rekettegi zaryadqa magnit maydanının' ta'siri.
Lorents ku'shi. Xoll effekti.

Magnit maydanı tek tok o'tip atırg'an o'tkizgishlerge g'ana ta'sir etip qoymastan, ba'lki h'a'rakattegi zaryadlang'an bo'lekshelerge h'a'm ta'sir etedi. Magnit maydanında \mathcal{B} tezlikte h'a'reketlenip atırg'an q zaryadqa

$$\vec{F}_L = q[\vec{\mathcal{B}} \cdot \vec{v}] \quad (8)$$

ku'sh ta'sir etedi. Bul ku'sh Lorents ku'shi deyiledi. Lorents ku'shinin' bag'ıtı shep qol qa'desi menen anıqlanadı.

Eger alaqang'a V induksiya sızıqları kirse, to'rt achilg'an barmaq on' zaryadtın' tezlik, $\vec{\mathcal{B}}$ - vektor bag'ıtına sa'ykes kelse, bas barmaq Lorents ku'shi bag'ıtın ko'rsetedi (q-suwret).



Lorents ku'shinin' (F_L) modul boyınsha an'latpasi

$$F_L = qvB \sin \alpha \quad (9)$$

(9.9) - ten'likte α , \vec{B} h'a'm \vec{v} arasındag'ı mu'yesh. Lorents ku'shi bo'lekshe bag'ıtına tik, demek og'an orayga umtılıwshı tezleniw beredi h'a'm bo'lekshe tek g'ana h'a'reket bag'ıtın o'zgertedi.

Eger zaryadqa magnit maydanınan tısqarı, kernewlilik vektorı \vec{E} ge ten' bolg'an elektr maydanı h'a'm ta'sir etse, juwmaqlawshı ku'sh Lorents h'a'm elektr ku'shlerinin' vektor jıyındısından ibarat boladı.

$$\vec{F} = \vec{F}_{el} + \vec{F}_L = q\vec{E} + q[\vec{v} \cdot \vec{B}] \quad (10)$$

9.a'0 - an'latpa Lorents formulası deyiledi.

Bekkemlew ushın sorawlar.

1. Toklı o'tkizgishler jaqınına jaylastırılğ'an sınaw ramkalarına qanday ku'shler ta'sir etedi ?
2. Magnit induksiyası dep nege aytıladı ?
3. Maydanlar supperpozitsiya printsipini tu'sindirin'.
4. Bio-Savar h'a'm Laplas nızamlarınan maydan indkutsiyası shamasın esaplawda qanday paydalanıladı ?

12. Jaqtılıqtın' tolqın h'a'm kvant ta'biyatı.

Jobası:

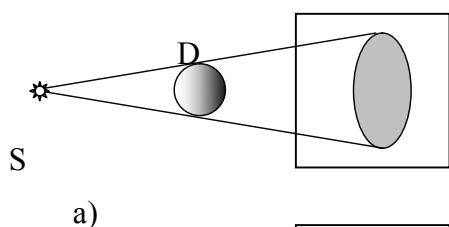
1. Jaqtılıqtın' tuwrı sızıqlı tarqalıwı. Jaqtılıqtın' shag'ılısıw h'a'm sınaw nızamları.
2. Nurlardıń u'shmu'yeshli prizmadag'ı jolı. Linzalar. Linzanın' optikalıq ku'shi h'a'm formulası. Optikalıq a'sbaplar.
3. Jaqtılıq difraktsiyası h'a'm interferentsiyası
4. Fotoeffekt h'a'diysesi

Jaqtılıqtın tarqalıwı. A'dep jaqtılıqtın qa'siyeti ne - degen soraw bizdi qızıqtıradı. İnsan sezetug'm jaqtılıq - tolqın uzınlıg'ı $\lambda = (0,38 - 0,77) \cdot 10^{-6}$ m intervalda bolg'an elektromagnit tolqınlar. Biraq bunday juwap keyingi waqıtlarda alıng'an ta'jiriybe na'tiyjelerine sa'ykes kelmey qaldı. Ta'jiriybeler na'tiyjesine qarap, jaqtılıqta bo'lekshelerdin' ag'ımına sa'ykes qa'siyeti bar ekenligi anıqlandı.

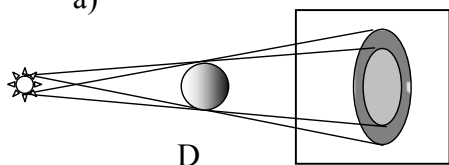
Endi jaqtılıqtın tarqalıwına baylanıslı bazıbir qa'siyetler - jaqtılıq-tın' tuwrı sızıq boylap tarqalıwı menen tanısamız.

Jaqtılıq nurı degende energiya ag'ımının' tarqalıw bag'ıtı na'zerde tutıladı. Ta'jiriybe h'a'm baqlawlardan anıqlanıwınsha, bir tekli ortalıqta jaqtılıq tuwrı sızıq boylap tarqaladı eken. Bir tekli ortalıqta jaqtılıq nurları tuwrı sızıqlardan ibarat boladı.

O'lishemi ju'da' kishi jaqtılıq deregi S ten tarqalıwshı jaqtılıq bazıbir ekrang'a tu'ssin. Jaqtılıq jolına bazıbir dene, mo'ldir bolmag'an shar formadag'ı D dene qoyılsa, ekranda denenin' anıq sayası payda boladı (33a-su'wret.).



a)



b)

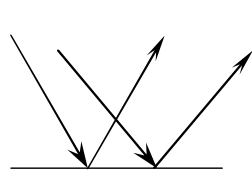
Bunda denenin' sayası, yag'niy nur tu'speytug'in ekran betinde anıq shegarag'a iye bolıp, jaqtılıqtın' tuwrı sızıq boyınsha tarqalıwın da'lilleydi. Eger jaqtılıq deregi noqatlıq bolmay, belgili o'lishemge iye bolsa, onda sayanın' anıq shegarası jog'aladı. Dene formasının' bazıbir bo'limine ekranda sayı payda qılıwı mu'mkin (33 b-su'wret.).

Jaqtılıqtın shag'ılısıw nızamı. Bir tekli ortalıqta tuwrı sızıq boylap tarqalıp atırg'an jaqtılıq nurı o'z jolında birinshi ortalıq penen shegaralang'an ekinshi ortalıqta

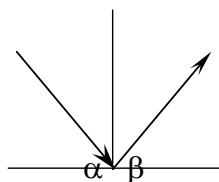
33-su'wret.

dus kelse, onn' bag'ıtı o'zgeredi. Eki ortalıq shegarasının' qa'siyetine baylanıslı ra'wishte jaqtılıqtın' belgili bo'limi I ortalıqqa qaytadı, qalg'an bo'limi bolsa II ortalıqqa o'tedi. Jaqtılıqtın' eki ortalıq shegarasınan ja'ne I ortalıqqa qaytıwı jaqtılıqtın' shag'ılısıwı delinedi.

Misal ushın bazıbir denege jaqtılıq tu'sip atırg'an bolsın. Eger dene jaqtılıqtı shag'ılıstırıw qa'siyetine iye bolsa h'a'm onn' beti gedir-budir bolsa, tu'sken nur deneden tu'rli bag'ıtlardan qaytadı h'a'm biz deneni qa'legen bag'ıtta ko'riwimiz mu'mkin. Jaqtılıqtın' bunday qaytıwı diffuziyalıq yamasa tarmaqlasqan shag'ılısıw delinedi.



a)



b)

Shag'ılısқан nurlar belgili bag'ıtqa iye bolıwı ushın ortalıqlardıń shegarası, shag'ılıstırıwshı denenin' beti tegis bolıwı kerek. Beti optikalıq jaqtan tegis bolıwı ushın ondag'ı gedir budırılıqlardıń shaması jaqtılıqtın' tolqın uzınlıg'ı 0,4 - 0,8 mkm dan kishi bolıwı kerek. Bunday betlerdi alıw, te-

34-su'wret.

gis shiyshe plastinkanın' betine metall qatlam qaplaw menen a'melge asırıladi.

Jaqtılıqtın' shag'ılısıw qubılısın ta'jiriybe jolı menen u'yreniw na'tiyjesinde shag'ılısıw nızamı anıqlang'an.

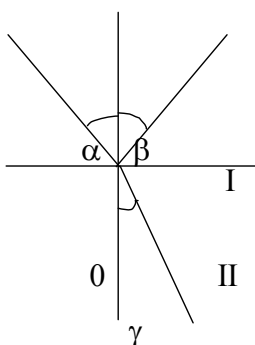
1. Tu'sken nur, qaytqan nur h'a'm nurdın' tu'siw noqatınan eki ortalıq shegarasıga ju'rgizilgen perpendikulyar bir tegislikte jatadı.

2. Nurnın' tu'siw mu'yeshi qaytıw mu'yeshine ten' boladı: $\alpha = \beta$.

Eger jaqtılıq kerı bag'ıtta, yag'nıy qaytıw mu'yeshi menen tu'sken bolsa, onın' qaytıw mu'yeshi a'depki tu'siw mu'yeshine ten' boladı.

Jaqtılıqtın' sınıw nızamı. Jaqtılıqtın' bir mo'ldir ortalıqqa o'tiwi h'a'm bul o'tiwde onın' tarqalıw bag'ıtının' o'zgeriwi *jaqtılıqtın' sınıwı* delinedi.

Jaqtılıqtın' sınıwın tekseriw ushın sonday ta'jiriybe isleyik. Shiyshe tsilindr ıdıs alıp og'an jatqarıl'g'an h'alda yarımına shekem suw quyamız. 35-su'wrette ko'rsetilgen 0 noqat ta'rep jaqtılıq nurın tu'siremiz.



Idıstın' arqa ta'repine ekran qoyıladı. Bunda I bo'limi bizge tanıs bolg'an shag'ılısqan nur, II bo'limi bolsa, jaqtılıqtın' ekinshi ortalıq - suwga o'tken bo'limi. Tekseriwle tiykarında jaqtılıqtın' sınıw nızamı: 1. Tu'siwshi nur, sing'an nur h'a'm ortalıq shegarasına nurdın' tu'siw noqatınan ju'rgizilgen perpendikulyar bir tegislikte jatadı.

2. Tu'siw mu'yeshi sinusının' sınıw mu'yeshi sinusına qatnası shegaralasqan ortalıqlardıń optikalıq qa'siye tine baylanıslı bolg'an turaqlı shama bolıp, onı ekinshi ortalıqtın' birinshi ortalıqqa salıstırg'andag'ı sındırıw ko'rsetkishi delinedi, yag'nıy

35-su'wret.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{12} \quad (1)$$

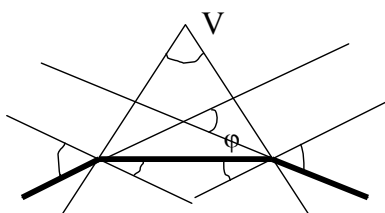
Eger jaqtılıq absolyut sındırıw kursatkishi n_1 bolg'an ortalıqtan n_2 bolg'an ortalıqqa o'tse, ortalıqlar absolyut sındırıw ko'rsetkishlerinin' qatnası ekinshi ortalıqtın' birinshi ortalıqqa qarag'andag'ı salıstırmalı sındırıw ko'rsetkishine ten' boladı:

$$n_2 / n_1 = n_{12} \quad (2)$$

Ortalıqtın' absolyut sındırıw ko'rsetkishinin' ma'nisi jaqtılıq nurının' sol ortalıqtag'ı tarqalıw tezligi menen baylanıslı, yag'nıy ortalıqtın' absolyut sındırıw ko'rsetkishi jaqtılıq nurının' vakuumdag'ı tezliginin' ortalıqtag'ı tarqalıw tezligine qatnasına ten':

$$n = \frac{c}{v} \quad (3)$$

Nurlardıń u'shmu'yeshli prizmadag'ı jolı. Prizmalar optikalıq a'sbaplardıń tiykar'ı bo'limlerinin' biri bolıp, tu'rli optikalıq qubılıslardı tekseriwde ken' qollanıladı.



36-su'wrette u'shmu'yeshli shiyshe prizmanın' jaqlarına perpendikulyar tegislik menen kesilisiw h'alı ko'rsetilgen. Prizmanın' AV h'a'm VS jaqları sındırıwshı

O'

jaqlar bolıp esaplanadı. Olardıń arasındag'ı $\angle AVS = \alpha$ mu'yesh prizmanın' nurdı sındırıwshı mu'yeshi delinedi.

j

j'

Nurdıń prizmag'a kelgenshe bolg'an bag'ıtı menen onıń prizmadan o'tkennen keyingi bag'ıtı arasin-

O

A

S

36-su'wret.

dag'ı mu'yesh ag'ıw mu'yeshi delinedi. Su'wrette bul mu'yesh φ menen belgilengen. Sındırıwshı mu'yeshi kishi bolg'an, yag'nıy jaqları bir-birine jaqın jaylasqan «juqa» prizmalar ushın ag'ıw mu'yeshin sındırıwshı mu'yesh arqalı belgileybiz:

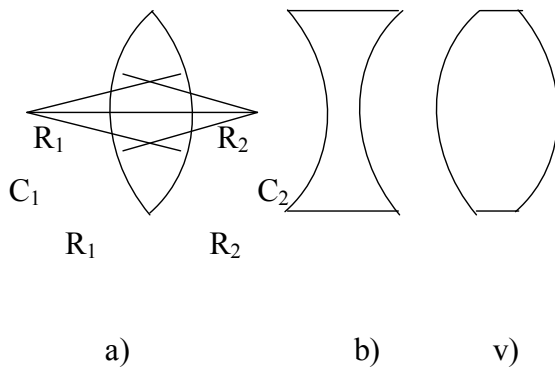
$$\varphi = (n - 1) \alpha$$

formula ja'rdeminde tabıw mu'mkin.

Linzalar. Jaqtılıqtın' sınıw qa'siyetlerinen texnikada h'a'm ku'ndelikli turmısta ju'da' ko'p paydalanıladı. Onı optikalıq linzalar misalında ko'riw mu'mkin.

Eki ta'repi sferalıq bet penen shegaralang'an mo'ldir dene *linza* dep ataladı. Sferalıq bet shar betinin' bir bo'limi bolg'anlıg'ı ushın onıń iymeklik radiusı

boladı. Sferalıq betlerdin' orayları arqalı o'tiwshı S_1S_2 tuwrı sızıq *linzanın' bas optikalıq ko'sheri* delinedi.



Ortası shetine qarag'anda qalın'ıraq bolg'an linzalar *jiynawshı linzalar* delinedi. Ortası shetine salıstırg'anda juqalaw bolg'an linzalar shashırıtıwshı linzalar delinedi. 37b-su'wrette shashırıtıwshı, 37v-su'wrette jiynawshı linzalar.

37-su'wret.

Linzanın' qalın'lıg'ı, deneden linzag'a shekemgi yamasa linzadan su'wretleniwge shekemgi bolg'an aralıqqa salıstırg'anda kishi boladı. Bunday linzalar *juqa linzalar* delinedi. Linza betin belgilewshı sferalıq segmentlerdin' linza orayındag'ı ushları juqa linzada bir-birine ju'da' jaqın jaylasqan. Sol sebepli bir noqat dep esaplaw mu'mkin. Bul O noqat linzanın' optikalıq orayı delinedi. Linzanın' bas optikalıq ko'sheri onıń optikalıq orayınan o'tedi. Optikalıq oraydan o'tiwshı h'a'm bas optikalıq ko'sherge salıstırg'anda bazıbir mu'yesh astında bag'ıtlang'an tuwrı sızıq *ja'rdemshı optikalıq ko'sher* delinedi.

Eger linzag'a onıń bas optikalıq ko'sherine parallel nurlar tu'sirilse, olar linzadan o'tip sınadı h'a'm o'z bag'ıtın o'zgerledi. Linza jiynawshı bolsa, nurlar bir-birine jaqınlasıp bir noqatta kesilisedi. Nurlar kesiliskeñ noqat linzanın' *bas fokusu* delinedi h'a'm F h'a'ribi menen belgilenedi.

Linzanın' fokus aralıg'ı qansha kishi bolsa, onıń nurdı sındırıw qa'bileti sonsha u'lken boladı, yag'nıy sing'an nur sonsha u'lken mu'yeshke awıladı. Fokus aralıg'ı u'lken bolg'anda awısıw mu'yeshi kishi boladı. Linzanın' bunday qa'siyetin xarakterlew ushın, fokus aralıg'ı ornına kerı bolg'an fizikalıq shama kiritiledi. Bul shama linzanın' optikalıq ku'shi delinedi h'a'm D menen belgilanadı:

$$D = \frac{1}{F} \quad (11-4)$$

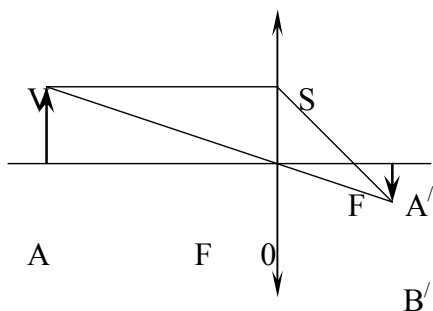
Eger linzanın' fokus aralıg'ı 1 m bolsa, onda onun' optikalıq ku'shi 1 dioptriyag'a ten' dep esaplanadı, yag'niy 1 dptr = 1/m.

Linza betlerin arnawlı radius ma'nisine iye bolg'an sharlardın' bir bo'limi dep esaplaw mu'mkin. Onda linzanın' optikalıq ku'shin onun' betlerinin' $R_1 R_2$ iymeklik radiusları h'a'm linzanın' absolyut sıdırıw ko'rsetkishi n ja'rdeminde an'latıw mu'mkin:

$$D = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \quad (11-5)$$

Bunda h'awanın' sıdırıw ko'rsetkishi 1 ge ten' dep qabil qılıng'an.

Linza formulası. Linza ja'rdeminde alıng'an dene su'wreti onun' linzag'a salıstırg'anda jaylasıwı h'a'm linzanın' optikalıq ku'shine baylanıslı bolıp esaplanadı. Ol linza formulası ja'rdeminde tabıladı. Linza formulası u'sh shama: buyımnın linzag'a shekemgi d aralıq, linzadan su'wretleniwge shekemgi bolg'an f aralıq h'a'm linzanın' F bas fokus aralıg'ı arasındag'ı baylanıstı an'latadı. Buyım retinde AV tuwrı sıızıqtı alamız. Buyımnın linzag'a shekemgi aralıq $d = AV$, linzadan su'wretleniwge shekemgi aralıq $f = OA'$.



38-su'wrettegi AVO h'a'm $A'V'O$ u'shmu'yeshlikler uqsas. Sonın' ushın $A'V'/AV = f/d$. Bunnan $A'V'/SO = (f-F)/F$ yamasa $AV=SO$:

$$A'V'/AV = (f-F)/F \quad (11-6)$$

ten'likti jazıw mu'mkin. Demek,

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad (11-7)$$

ten'lemege iye bolamız. Bul *linza formulası*.

Linzanın' tiykarğ'ı qa'siyetlerinen biri

38-su'wret.

onın' u'lkeytiw qa'bileti bolıp esaplanadı:

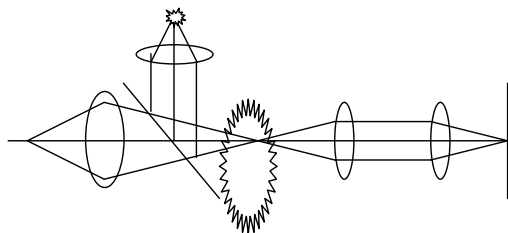
$$K = \frac{f}{d} \quad (11-8)$$

Demek, linzanın' u'lkeytiwi (K) linzadan su'wretleniwge shekemgi h'a'm buyımnın linzag'a shekemgi aralıqlardıń qatnasına ten' boladı eken.

Jaqtılıq tezligi. Jaqtılıq tezliginin' shaması h'a'm onı anıqlaw ma'selesı uzaq waqıtlar dawamında alımlardı qızıqtırıp keldi. Jaqtılıq tezligi ma'nisinin' ta'jiriye jolı menen anıqlanıwı elektromagnit tolqın ta'biyatın anıqlawda h'a'm jaqtılıqtın' o'zi elektromagnit tolqınnan ibarat ekenligin sıpatlawda u'lken rol oynadı.

Birinshi ret jaqtılıq tezligin o'lshewge Daniya astronomı Remer urınıp ko'rđi. Yupiter planetası joldasının' tutılıw waqtın tekserip, ol jaqtılıq tezligi ushın $s = 215000$ km/s ma'niske ten' na'tiyjeni aldı.

Jaqtılıq tezliginin' anıg'ıraq ma'nisine birinshi ret Fizo o'lshewge eristi. Fizo o'z ta'jiriyesinde jaqtılıqtı aylanıwshı do'n'gelek tisleri arasınan o'tker-



di. O'tken jaqtılıq nurı belgili aralıqtı o'tip, ekrang'a tu'sedi h'a'm onnan ja'ne do'n'gelekke qaytadı. Eger bunda qaytqan jaqtılıq do'n'gelek

tisleri arasındag'ı kelesi kesikke tuwrı kelse, ol o'tedi, biraq do'n'gelek tislerine dus kelse, o'te almaydı. Demek, do'n'gelek tisleri arasındag'ı kesiktin' aylanıw tezligi jaqtılıqtın' derekke

39-su'wret.

barıp son' qayıp kelgenshe o'tken waqıttı belgilewi mu'mkin eken. Do'n'gelektin' aylanıw tezligi arqalı tisler arasındag'ı kelesi kesiktin' keliw waqtın anıqlap h'a'm sol waqt ishinde jaqtılıq basıp o'tken jol uzınlıg'ın o'lshep Fizo jaqtılıq tezliginin' ma'nisi $s = 313000 \text{ km/s}$ ekenligin anıqladı.

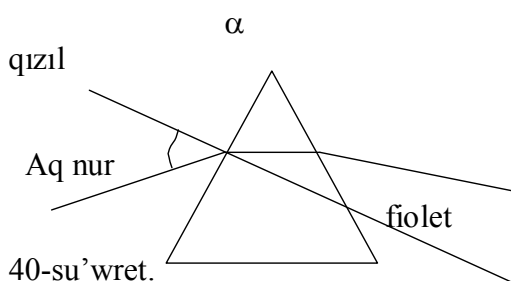
Fizodan keyin jaqtılıq tezligin Fuko anıqlawg'a urınıp ko'rdi. Onın' jaqtılıq tezligi ushın alg'an na'tiyjesi $s = 296000 \text{ km/s}$ bolıp shıqtı.

Son'g'ı na'tiyjelerge qarag'anda, jaqtılıqtın' vakuumdag'ı tezligi:

$$s = 299792456,2 \pm 1,1 \text{ m/s} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

Jaqtılıqtın' h'a'r qanday mo'ldir ortalıqtag'ı tezligi onın' vakuumdagi tezligine ten' bolıp esaplanadı.

Jaqtılıq dispersiyası. Nyuton jaqtılıq nurlarının' prizmadan o'tip sınırıwında sınırıw mu'yeshinin' ma'nisi jaqtılıq nurının' ren'ine baylanıslı ekenligin anıqladı. Qarang'ı xanada jaylasqan prizmag'a tesikshe arqalı jin'ishke aq



40-su'wret.

jaqtılıq prizmadan o'tkende tu'rli ren'degi nurlarg'a ajıralar eken. Bul nurlar prizmadan shıqqannan keyin ekrang'a tu'sirilse, radugadag'ı sıyaqlı tiykarınan 7 tu'rli ren'nen: qızıl, tuyıq sarı, sarı, jasıl, h'awa ren', ko'k h'a'm fiolet ren'lerden ibarat jolaq payda boladı. Bul raduga ren'degi jolaq *spektr* delinedi.

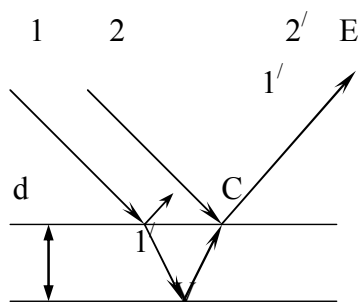
Nurlardıń bir-birinen ajıralıwı olar ushın zat sıdırıw ko'rsetkishi ma'nisinin' h'a'r qıylı ekenligi menen baylanıslı. Zattın' sıdırıw ko'rsetkishi-nin' jaqtılıq ren'ine baylanıslılıg'ı *dispersiya* delinedi.

Quyash nurı spektri tekserilgende onda insan ko'zi bayqamaytug'm nurlar da barlıg'ı anıqlang'an. Bizin' ko'zimiz tolqın uzınlıg'ı $\lambda_1 = 7000 - 8000 \text{ A}$ bolg'an (qızıl) nurdan $\lambda_2 = 3700 - 4000 \text{ A}$ ge shekemgi bolg'an (fiolet) nurlardı sezedi. Bul jerde uzınlıq birligi etip A (angestrem) aling'an. $1 \text{ A} = 10^{-10} \text{ m}$.

Jaqtılıq nurı bazıbir zatqa tu'sse, zattın' qızatug'ınlıg'ı belgili. Zattın' qızıw da'rejesi yamasa zat temperaturasının' ko'teriliwi tu'sip atırg'an jaqtılıq ta'sirinde zat ko'birek qızadı eken.

Jaqtılıq interferentsiyası. Eki jaqtılıq tolqınının' qosılıswı sebepli ken'isliktin' belgili orımlarındag'ı jaqtılıq intenivliginin' ku'sheyiwi yamasa h'a'lsirewi *jaqtılıqtın' interferentsiyası* delinedi.

Jaqtılıq interferentsiyası tek kogerent jaqtılıq tolqınların' qosılıwı arqalı baqlanadı. Kogerent tolqınlar - jiyilikleri o'z-ara ten', fazalar ayırması waqıt o'tiwi menen o'zgermeytu'g'ın tolqınlar bolıp esaplanadı.

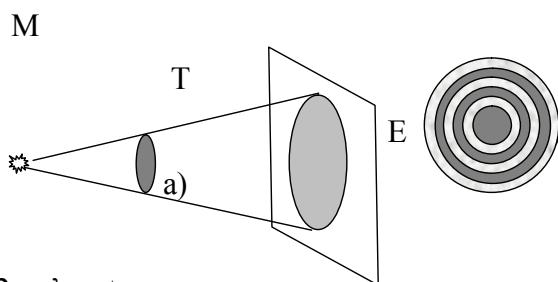


Ta'biyg'iy jaqtılıq derekleri tarqalıwshı tol-qınlar kogerent tolqınlar bola almaydı. Sonın' ushın, bir derekten shıg'ıwshı jaqtılıq nurlanıwı eki bo'limge ajratıladı, son' ta'jiriybede interferentsiya qubılısı payda bolıwı ushın olardıń qaytadan qosılısıwına mu'mkinshilik jaratadı. 41-su'wrette ko'rsetilgen mo'ldir perdege (plastinka) parallel nurlar da'stesi tu'sip atırg'an bolsın. Bul da'ste quramında 1 nur perdenin' joqarı betinen pu'-

41-su'wret.

tinley qaytadı, ekinshisi sıñıp perde ishine kiredi. Sing'an AV nur perdenin' to'mengi betinen pu'tinley perde ishinde shag'ılısadı h'a'm ol S noqat arqalı birinshi ortalıqqa SE bag'ıtta qaytıp shıg'adı. 1 nurg'a parallel ra'wishte perdenin' S noqatına tu'sip atırg'an 2 nurdın' perde joqarı betinen qaytqan bo'limi de SE bag'ıtta ketedi. Bul h'al jaqtılıqtın' interferentsiyası payda bolıwına alıp keledi.

Jaqtılıq difraktsiyası. Jaqtılıq difraktsiyası dep atalatu'g'ın qubılısta nurları mo'ldir bolmag'an tosqnıqlıqlardan o'tip, geometriyalıq saya deregine kirip baradı. Mısalı, noqatlıq monoxromatikalıq jaqtılıq deregi M nen tarqalıwshı



jaqtılıq nurlarınin' jolına mo'ldir emes disk formalı T tosqnıqlıq qoyamız (42a-su'wret). Geometriyalıq optika nızamlarına tiykarlanıp, E-ekranda T-tosqnıqlıqtın' - do'n'gelek formadag'ı qaran'g'ı sayası payda boladı. Ta'jiriy-bede, sonday qubılısı baqlanadı. Biraq tosqnıqlıq h'a'm ekran arasındag'ı aralıq,

42-su'wret.

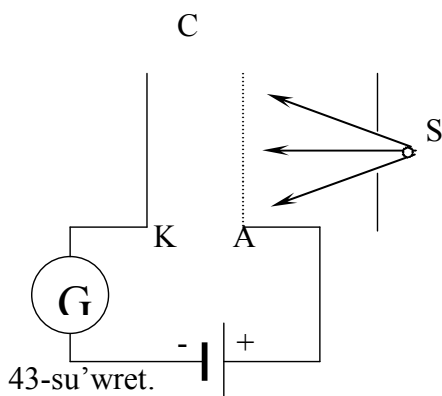
tosqnıqlıq o'lishemlerinen bir neshe min' ese u'lken bolg'an jag'dayda ekrannın' tosqnıqlıq qarsı orında qaran'g'ılıq emes, al izbe-iz jaylasqan jaqtı h'a'm qaran'g'ı qatarlar tu'sedi (42 b-su'wret.). Tap sonday ko'rinis jaqtılıq ju'da' kishi tesiksheden o'tken h'allarda da baqlanadı.

Jaqtılıq difraktsiyası Gyuygens-Frenel printsipi tiykarında tu'sindiri-ledi: tolqın frontının' h'a'r bir noqatı ekilenshi kogerent tolqınlar derekleri dep, ken'isliktin' ıqtıyarlı noqatındag'ı terbelis bolsa, sol noqatqa jetip kelgen ekilenshi kogerent tolqınlar interferentsiyalanıwının' na'tiyjesi dep esaplanadı.

Difraktsiya qubılısına tiykarlang'an qurılmalardan biri - difraktsiyalıq tor. Difraktsiyalıq tor degende bir-birinen bazibir uzaqlıqta jaylasqan birdey ken'liktegi sıziqshalar toplamınan ibarat optikalıq a'sbap tu'siniledi.

Jaqtılıqtın' polarizatsiyası. Jaqtılıq - tolqın uzınlıqları $(3,8 - 7,6) \cdot 10^{-7}$ m intervaldag'ı elektromagnit tolqınlar bolıp tabıladı. Jaqtılıq dereginen tarqalıwshı jaqtılıq nurları degende usı derektin' atomları shıg'arıp atırg'an elektromagnit tolqınlardıń aralaspası tu'siniledi. Bul elementar elektromagnit tolqınlar aralaspasındag'ı erkin tu'rdegi birin nur bag'ıtına perpendikulyar h'a'm o'z-ara perpendikulyar tegisliklerde E h'a'm N vektorlardın' terbelisleri retinde qaraw mu'mkin.

Fotoeffekt. Jaqtılıq nurının' zat penen ta'siri h'a'm bul ta'sir na'tiyjesinde jaqtılıq energiyasının' zat atomları elektronlarına ajratılıw qubılısı fotoelektr effekt yamasa qisqasha fotoeffekt delinedi. Fotoeffekt qubılısı G.Gerts



ta'repinen anıqlandı. 43-su'wrette Stoletov islegen ta'jiriybenin' sxeması ko'rsetilgen. Bir astarları (A) metall sim tor, ekinshisi bolsa, tsinkten islegen (K) plastinkadan ibarat S kondensator elektr dereğine jalg'ang'an. On' ta'repten kelgen jaqtılıq nurı A sim tordan o'tip, kondensatorın' ekinshi K plastinkasına tu'sedi. On' polyuske jalg'ang'an sim tor anod wazıypasın o'tese, teris polyusqa jalg'ang'an plastinka katod wazıypasın atqaradı.

Tsink plastinkag'a jaqtılıq tu'siwi na'tiyjesinde shınjırda tok payda boladı. Eger polyuslerdi almas

tırıp, sim tor g'a teris potentsial bersek, tok kemiydi h'a'm sol bag'ıtta potentsiallar ayırması asırıl g'anda tok o'tiwi toqtaydı. Bul na'tiyje da'slepki jaqtılıq nurı tu'siwi sebepli shınjırda tok payda bolıwı tsink plastinkadan teris zaryadqa iye bolg'an bo'leksheler, yag'nıy elektronlar shıg'ıwı aqibeti eken, degen juwmaq kelip shıg'adı. Shıg'ıp atırg'an elektronlardı *fotoelektronlar*, fotoeffekt na'tiyjesin-de shınjırda payda bolg'an tok *foto tok* delinedi.

Endi tsink plastinkanı teris polyuske tordı on' polyuske jalg'ap, plastinkalar arasındag'ı potentsiallar ayırmasın ko'terip barayıq. Bunda jaqtılıq ta'sirinde payda bolg'an fototok ta artıp baradı. Biraq potentsiallar ayırması belgili ma'niske jetkende tok aspaydı. Bul tok toyınıw fototogı delinedi. Eger tsink plastinkag'a tu'siwshi jaqtılıq ag'ımın ku'sheytsek, fototok ja'ne ko'terile baslaydı.

Sunday etip, fotoeffektin' birinshi ta'jiriybeli nızamına kelinedi: jaqtılıq nurı tu'sip atırg'an plastinkanın' jaqtırılıw da'rejesi qansha bolsa, fototok ku'shi sonsha u'lken boladı. Fototoktın' ku'shi shıg'ıp atırg'an elektronlar sanı menen belgileniwin itibarg'a alsaq, bul nızamdı to'mendegishe anıqlaw mu'mkin: waqt birligi ishinde shıg'ıp atırg'an elektronlar sanı tu'sip atırg'an jaqtılıq intensivline tuwrı proporsional boladı.

Ha'r bir metall dene ushın fotoeffektı payda etiwshi menshikli - shegaralıq jaqtılıq jiyiligi payda bolıp, ol fotoeffektin' qızıl shegarası dep ataladı h'a'm sol jiyilikten u'lken jiyilikli jaqtılıq tu'skende g'ana berilgen metallda fotoeffekt qubılısı baqlanadı. A'sirese keyingi eki na'tiyjeni, jaqtılıqtı tolqın retinde qaraytug'm bolsaq, tu'sindiriw mu'mkin emes. Jaqtılıq ag'ımı yamasa onın' intensivligi tolqın energiyasına baylanıslı edi. Sog'an sa'ykes ra'wishte, jaqtılıq ta'sirinde shıg'ıwshı elektronlar energiyası jaqtılıqtın' intensivligine proporsional bolıwı kerek edi. Ta'jiriybe na'tiyjesi bunday na'tiyjege qarsı. Bul qarsılıq A.Eynshteyn ta'repinen anıqlandı.

Denelerdin' jıllılıqtan nurlanıw qubılısın tu'sindiriw ushın nemis alımı M.Plank jaqtılıq nurı nurlanıw atırg'an deneden ayırım bo'leksheler-kvantlar yamasa fotonlar ta'rizli bo'linip shıg'adı.

Ha'r bir foton energiyası

$$E = h \nu \quad (12-4)$$

ten'leme menen anıqlanadı. Bunda $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Dj*s -Plank turaqlısı, ν -jaqtılıq jiyiligi.

Jaqtılıq bo'lekshesi - foton dene menen soqlıg'ısıwdan, onın' atomındag'ı elektrondı erkin h'alg'a o'tkeriwı h'a'm sonın' menen birge elektrong'a kinetikalıq energiya beriwı mu'mkin. Demek, foton energiyası elektrondı urıp shıg'arıw ushın kerek bolg'an jumstı islewge h'a'm elektrong'a kinetikalıq energiya beriwge sarplanadı eken, yag'nıy:

$$h \nu = A_{shig} + \frac{mv^2}{2} \quad (12-5)$$

Bul ten'leme fotoeffekt ushin *Eynshteyn ten'lemesi* delinedi. Eger foton energiyası elektronnıń shıǵ'ıw jumısınan kishi bolsa, ol metallardan shıǵ'a almaydı. Demek, shıǵ'ıw ushin kerek bolǵ'an foton energiyası ma'nisin

$$h \cdot \nu_o = A_{shig} \quad (12-6)$$

ten'lik arqalı anıqlaw mu'mkin.

Joqarıda ko'rip o'tilgen na'tiyjelerdi ulıwmalastırıp, sırtqı fotoeffekt-tin' to'mendegi tiykarg'ı nızamlarına kelemiz.

1. Fotoelektronlardın' maksimal tezligi fotokatodqa tu'sip atırǵ'an jaqtılıq jiyiligine, metalldın' tu'rine h'a'm onın' betinin' qa'siyetine baylanıslı.

2. Jaqtılıq ta'sirinde katodtan waqıt birligi ishinde urıp shıǵ'arılǵ'an fotoelektronlardın' ulıwma sanı fotokatodqa tu'siwshi jaqtılıq intensivligine tuwrı proporsional boladı.

3. Ha'r qanday zat ushin fotoeffekt payda bolıwı mu'mkin bolǵ'an en' kishi jaqtılıq tolqını jiyiliginin' ma'nisleri bolıp, ol fotoeffektin' qızıl shegarası dep ataladı.

Pa'n h'a'm texnikada ishki fotoeffekt qubılısınan da paydalanıladı. Mısalı, jaqtılıq ta'sirinde yarım o'tkizgishtin' ishinde elektronlardın' qayta bo'listi-riliwi h'a'm onın' na'tiyjesinde o'tkizgish qarsılıǵ'ının' o'zgeriwinen sesli kino, televideniye paydalanıladı.

Jaqtılıq basımı. Belgili, suw betidegi tolqınlar, ses tolqınları, bazıbir tosqınlıqqa urılǵ'anda og'an basım tu'siredi. Dene betine tu'sip atırǵ'an jaqtılıq tolqını da sol denege basım beriwı kerek. Jaqtılıq basımının' payda bolıwın teoriyalıq jaqtan Maksvell anıqladı. Biraq bul basım ju'da' kishi ($r=10^{-6}$ Pa) bolǵ'anlıǵ'ı sebepli onı ta'jiriybede anıqlaw qıyın boldı. Berilgen wazıypanı 1900-jılda P.L.Lebedev ta'jiriybede quramalı qurılma qollandı.

Jaqtılıq basımın kvant teoriyası tiykarında da tu'sindiriw mu'mkin. Bunda P.L.Lebedev ta'jiriybesi to'mendegishe tu'sindiriledi. Jaqtılıq nurı quramındag'ı fotonlardın' ko'birek bo'limi qaraytırılǵ'an qanat ta'repinen ju'rgiziledi.

Jaqtılıq ta'sirinde gezmelerdegi tu'rli ren'lerdin' buzılıwı ko'p ko'rinedi. Onın' sebebi - jaqtılıq quramındag'ı ultrafiolet nurlar ta'sirinde gezmelerdegi ren'li zatlardın' okisleniwı bolıp esaplanadı.

Jaqtılıq ta'sirinde o'simliklerde payda bolatug'ın ximiyalıq protsess turmıs ushin ju'da' u'lken a'h'miyetke iye. Fotosintez dep atalatug'ın protsesste olar h'awadan karbonad angidrid gazın jutıp onı uglerod h'a'm kislorodqa ajıratadı.

Fotografiya da fotoximiyalıq protsesske tiykarlang'an. Fotografiyalaw waqıtında jaqtılıq fotoplenka yamasa fotoplastinkanın' jaqtılıqtı sezgir qatlamına tu'sedi. Bul qatlamda AgBr kristalları bar. Jaqtılıq ta'sirinde AgBr molekulları bo'leklenedi, na'tiyjede gu'mis ajralıp shıǵ'adı. Jaqtılıq ko'birek tu'sken orınlarda gu'mistin' ajralıwı da ko'birek boladı. Arnawlı eritpe menen islewler na'tiyjesinde fotoplenkada obektin' negativ ko'rinisi payda boladı.

13. Atom fizikası

Jobası:

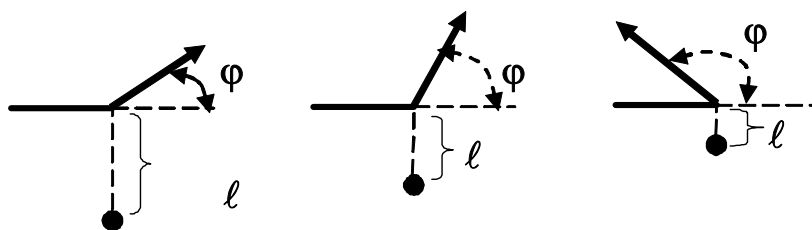
1. Atomnıń Tomson modeli. Rezerford ta'jiriybesi.
2. Yadronıń o'lishemi, zaryadı h'a'm massası.
3. Bordin' atom teoriyası.

Tayanış so'zler h'a'm tu'sinikler: *Atom h'a'diyselerin tu'sindiriwde klassik fizikanın' qıyınshılıqları, XX – a'sir basındag'ı jan'alıqlar, atomnıń Tomson modeli, atomnıń yadro modeli, Rezerford ta'jiriybesi, α -bo'leksheler, yadronıń o'lishemi, zaryadı h'a'm massası. Atomnıń yadro modelinin' kemchiligi.*

1. Klassik elektrodinamika boyınsha elektromagnit nurlanıw zaryadlardın' terbelisi na'tiyjesinde payda boladı h'a'm onnıń jiyiligi, zaryadlardın' terbelis jiyiligine sa'ykes keledi. Bul na'rsege Gerts vibratorın mısál etip ko'rsetiw mumkin. Atomnıń klassik elektrodinamikag'a tiykarlang'an birinshi modelin J.J.Tomson (1856-1940) 1903 jılı using'an. Bul modelge muwapıq atom shar formasında bolıp, onnıń pu'tin ko'lemi boyınsha on' zaryadlar bir tegis bo'listirilgen. Usı on' zaryadlar arasında elektronlar h'a'm jaylasqan bolıp, olardıń sanı on' zaryadlar sanına ten' bolg'anı ushın atom neytral esaplanadı. Elektron ten'salmaqlıq jag'dayman jiljig'anda onı ten'salmaqlıq jag'dayma qaytarıwshı serippelilik ku'shine uqsas ku'sh payda boladı. Usı ku'sh ta'sirinde elektron garmonik terbelmeli h'a'reket qıladı. Maksvelldin' elektromagnit tolqın teoriyasına muwapıq elektron atomda terbelmeli h'a'reket jasag'anı ushın atom monoxramatik elektromagnit tolqın shıg'aradı. Nurlang'an elektromagnit tolqın jiyiligi elektronnıń terbelis jiyiligine sa'ykes keledi. Tomson usı atom modeli menen atomnıń nurlanıw spektri sıızılıq bolıwın tu'sindirip berdi. G.N.Lorents, Tomsonnıń bul atom modeli tiykarında jaqtılıq dispersiyasınnıń elektron teoriyasın jarattı. Bul teoriya normal h'a'm anomal dispersiyalardı tu'sindirip berdi. O'z waqtında atomnıń Tomson modeli fizikada u'lken rol oynadı. Biraq bul model uzaq jasamadı. Inglis alımı Rezerford radioaktiv zatlardan shıg'ıwshı - α - bo'leksheleri juqa metall qatlamınan o'tkende shashırawın u'yrenip, 1911 jılı atom du'zilisinın' jan'a modelin jarattı. α - bo'leksheler menen ta'sirlesip atırg'an zattın' atom du'zilisin biliw ushın aldın α - bo'lekshenin' o'zinin' ta'biyatın biliw kerek edi. Sonnıń ushın Rezerford α -bo'lekshenin' zaryadın, massasın h'a'm tezligin anıqladı. Rezerford h'a'm Geyger radioaktiv zattan shıg'ıp atırg'an α -bo'lekshelerdi Faradey tsilindrine toplaı, elektrometr ja'rdeminde onnıń zaryadı on' bolıp, eki elektron zaryadına ($q = 2e$) ten' ekenligin anıqladı. α - bo'lekshelerdin' magnit maydanında awısıwına qarap, onnıń massası, n' vodorod atomı massasına, yag'nıy geliy atomı massasına ten'ligi anıqlandı. Radioaktiv zattan ushıp shıg'ıp atırg'an α -bo'lekshelerdin' tezligi 10^7 m/s a'trapında bolıp, olar birqansha u'lken kinetik energiyag'a iye. Rezerford α -bo'leksheler jolina kishkene domalaq san'laqlı tosıq qoyıp, san'laqtan shıg'ıp atırg'an α -bo'leksheler da'stesinin' qalın'lıg'ı 1 mkm ge jaqın bolg'an altın qatlamına (folga) qarata bag'ıtladı. Rezerford ta'jiriybesinin' sxeması 1-su'wrette ko'rsetilgen. Altın qatlamınan o'tken α -bo'leksheler nurlanıwshı (lyuminestsentsiyalanıwshı) ekran arqalı yaqi fotoqag'az ja'rdeminde esapqa alınadı. Ta'jiriybeden usı narse ma'lim boldı, α -bo'lekshelerdin' ju'da' ko'p bo'legi altın qatlamınan h'ech qanday tosıqqa ushramay o'tip ekrang'a barıp tu'sedi eken. Biraq ayırım α -bo'lekshelerde altın qatlamınan o'tiwde 10^0 , 15^0 , 20^0 mu'yeshlerge awısıwı baqlanadı. Ja'ne de az sandag'ı α -bo'leksheler (shama menen 8000 nan birewi) 90^0 tan u'lken bolg'an mu'yeshke awıladı eken. *a'tteki (shama menen 20000 nan birewinin') altın qatlamınan arqag'a qaytg'anı h'a'm esapqa alındı (2-su'wret). 2-su'wrette yadro kishkene shar formasında su'wretlengen. α - bo'lekshenin' h'a'reket traektoriyası strelka menen ko'rsetilgen. Su'wrettegi ℓ - α -bo'lekshenin' da'slepki bag'ıtı menen yadro arasındag'ı aralıq, φ - α -bo'lekshenin' burılıw mu'yeshi.

Su'wretten ko'rinip tur, α -bo'lekshenin' burılıw mu'yeshi ol menen atom yadrosı arasıdag'ı aralıqqa baylanıslı. Rezerford bul aralıqtı nıshan aralıg'ı dep atadı. Bul ta'jriybe natijelerinen Rezerford to'mendegi u'sh juwmaqtı chıg'ardı.

1. α -bo'lekshelerdin' ayırımlarınin' altın qatlamınan o'tiwde burılıwına altın atomları quramındag'ı on' zaryadlar menen o'z-ara ta'siri tiykarg'ı sebepshi boladı.



2-cypet.

2. α - bo'lekshelerdin' ko'p bo'leginin' h'esh qanday tosquinlıqqa ushramay altın qatlamınan o'tip ketiwi atom quramındag'ı on' zaryadlar atom orayındag'ı ju'da' h'a'm kishi ko'lemli yadrog'a toplang'anlıg'ın ko'rsetedi.

3. α -bo'lekshelerdin' altın qag'azınan arqag'a qaytıwı on' zaryadlı atom yadrosının' massası α -bo'lekshelerdin' massasınan bir neche ma'rte u'lken ekenligin h'a'm atom massasın tiykarınan usı kishi ko'lemli yadro quraytug'ının ko'rsetedi.

Rezerford joqarıdag'ı juwmaqları tiykarında atomnıń *yadro modelin* jarattı. Bul modelge muwapıq atom orayında on' zaryadlı yadro jaylasqan. Yadro menen elektronlar o'z-ara ta'sirlesiwı na'tiyjesinde elektronlar yadro a'trapında shen'ber formasındag'ı orbitalar boylap aylanadı. Yadro ku'shleri maydanı orayg'a umtılwshı ku'sh wazıypasın orınlaydı. Yadro a'trapında aylanıp atırg'an elektron ushın Nyutonnıń g'-nızamı to'mendegi ko'riniste jazıladı.

$$\frac{ze \cdot e}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{m\mathcal{G}^2}{r}$$

Bunda v - elektronnıń orbitadag'ı tezligi, r - orbita radiusı.

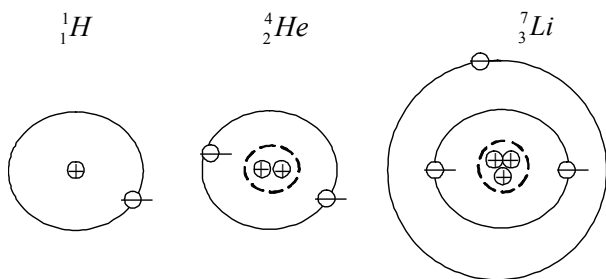
Elektronlardın' ulıwma zaryadı, yadrodag'ı on' zaryadlardın' ulıwma zaryadına ten' bolg'anı ushın atom elektr zaryadına iye emes. q-su'wrette Rezerfordtıń atom yadro modeli boyınsha vodorod, geliy h'a'm litiy atomlarınin' du'zilisi su'wretlengen.

Rezerford ta'jriybege h'a'm atom yadro modeline tiykarlanıp atom zaryadın h'a'm o'lishemin anıqlawg'a eristi. Yadronın' zaryadı elektron zaryadına eseli bolıp,

$$Q = +Ze$$

ekenligi anıqlandı. Bunda Z - elementtin' Mendeleev periodlıq sistemasındag'ı ta'rtip nomeri. Rezerford ja'ne sol na'rsege anıqlıq kiritedi, elementtin' periodlıq sistemadag'ı ornı Mendeleev ko'rsetgenindey, onnıń atom massası menen emes, balki yadro zaryadı menen

anıqlanar eken. Rezerford ayırım elementlerdin' periodlıq sistemadag'ı ornına du'zetiwler kiritti, yag'nıy olardıń ta'rtip nomerlerin o'zgeritti.



3-cypet.

Rezerford atom yadrosının' o'lishemin qanday anıqlag'anın ko'rip o'teyik. Ma'selen α -bo'lekshe bazı bir element atom yadrosına oraylıq urılsın. *ag'ıyqatında α -bo'lekshenin' yadro menen soqlıg'ısıwı bolmaydı. Sebebi, α - bo'lekshe yadrog'a qandayda aralıqqa jaqınlasıp barıp, son' arqag'a qaytadı. α -bo'lekshenin' kinetik energiyası qansha

u'lken bolsa, ol yadrog'a sonsha ko'birek jaqın baradı. Energiyanın' saqlanıw nızamına muwapıq α -bo'lekshenin' kinetik energiyasın yadro menen o'z-ara ta'sir potentsial energiyasına ten'leyimiz.

$$\frac{m_\alpha v^2}{2} = q_\alpha \frac{ze}{4\pi\epsilon_0 r_0} \quad (1)$$

α - bo'lekshenin' tezligi $v \cong 10^7$ m/s, massasi $m_\alpha = 4m_n = 4 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg, zaryadi $q_\alpha = 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl h'a'm altin atomnin' periodliq sistemadag'ı ta'rtip nomeri $Z=79$ ekenliginin esapqa alıp, (1) ten'likten r_0 dı esaplaymız.

$$R_0 = \frac{q_\alpha Z e}{4\pi\epsilon_0 m_\alpha v^2} \approx 3 \cdot 10^{-14} \text{ m}$$

Tabılg'an r_0 dın' bul ma'nisi altin h'a'm α -bo'lekshelerdin' yadro radiuslarının' jıyındısına ten'. Yadronın' bul o'lishemi sha'rtli bolıp, ol α -bo'lekshenin' tezligine baylanıslı. Ha'zirgi zaman usılları menen yadronın' o'lishemi 10^{-15} m a'trapında ekenligi anıqlang'an. Yadro fizikasında 10^{-15} m uzunlıq a' Fermi dep ju'ritiledi. Elektronnıń radiusı h'a'm 1 Fermi a'tirapında ekenliginin esaplap tabıwımız mumkin. Elektrostatikadan belgili, zaryadlang'an o'tkizgish energiyası

$$E_0 = \frac{1}{2} e\phi$$

formula menen esaplanadı.

Bul formulada e - elektronnıń zaryadı, ϕ -o'tkizgish potentsialı. Elektrondı r_0 radiuslı shar dep alsaq, onın' energiyası ushın

$$E_0 = \frac{1}{2} e \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r_0} \quad (2)$$

formulanı jazıwımız mumkin.

Eynshteynin' arnawlı salıstırmalılıq teoriyasına muwapıq tınısh turg'an elektronnıń energiyası

$$E_0 = m_0 c^2 \quad (3)$$

Bunda $m_0 c^2$ -elektronnıń tınıshlıqtag'ı massası, E_0 dın' joqarıdag'ı an'latpaların bir-birine ten'lep, shamalardıń san ma'nislerin qoyıp, elektronnıń radiusın esaplaymız:

$$\frac{1}{2} - \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r_0} = m_0 c^2$$

$$r_0 = \frac{1}{2} - \frac{e}{4\pi\epsilon_0 m_0 c^2} = \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} (3 \cdot 10^8)^2} \approx 2 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

Joqarıdag'ı na'tiyjeden ko'rinip tur, elektronnıń radiusı h'a'm yadro radiusına jaqın eken. Yadronın' o'lishemi h'a'm massasın bilgen h'alda biz yadro zatının' tıg'ızlıg'ın esaplawımız mumkin. Yadronın' massası ornına atom massasın alsa h'a'm boladı, sebebi elektronnıń massası en' kishi atom-vodorod massasınan h'a'm a'h'qu' ma'rte kishi. Bizge belgili, $m_n = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg bolg'anı ushın yadro tıg'ızlıg'ı ushın

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi r_0^3} = \frac{3 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{4 \cdot 3,14 (10^{-15})^3} \approx 0,6 \cdot 10^{18} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \approx 10^9 \text{ T / cm}^3$$

na'tiyjeni alamız.

Bunday tıg'ızlıq h'a'm zirgeshe ilimge ma'lim bolg'an en' u'lken tıg'ızlıq.

Rezerfordtın' biz joqarıda ko'rip o'tken atom yadro modelin ko'binshe atomnıń planetar modeli dep te ataydı. Biraq bul ju'da' qopal uqsatıw. Sebebi, Quyash h'a'm planetalar mexanik sistema bolsa, atom yadrosı h'a'm elektronlar elektrodinamik sistema. Quyash h'a'm planetalar o'z-ara gravitatsion maydan arqalı tartısıp tursa, elektronlar yadrog'a Kulon nızamı menen anıqlanıwshı elektr maydanı ku'shleri arqalı tartısıp turadı. Rezerfordtın' atom teoriyası ayırım element atomları yadro zaryadın h'a'm massasın anıqlap, olardıń periodliq sistemadag'ı ornına anıqlıq kiritgeni menen atomnıń ko'p qa'siyetlerin tu'sindirip bere almadı. Ma'selen, atom sırtqı

ta'sir sebepli yonlasıwı, yag'nyı ol chetki elektrondı jog'altıp on' iong'a aylanıwı h'a'm ja'ne neytral atom h'alına qaytıwı mumkin. Bul protsessti Rezerford yadro modeli tu'sindirip bere almaydı. Bul model yadro a'trapında aylanıp atırg'an elektronnın' orbitası ne sebepten statsionar ekenine h'a'm juwap taba almaydı. Elektron yadro a'trapında aylanar eken, ma'lim tezleniwge iye boladı, sonın' ushın atomnan elektromagnit nurlanıw shıg'ıp turıwı kerek. Na'tiyjede elektron orbitasının' radiusı qısqara barıp, ol spiral sıyaqlı traektoriya boylap aylanıwı kerek. Atom aldın uzın tolqın uzınlıqtı jaqtılıq shıg'arıwı, spiraldın' radiusı qısqarıp elektronnın' aylanıw jiyiligi artıwı na'tiyjesinde atom shıg'arıp atırg'an jaqtılıqtın' tolqın uzınlıg'ı u'zliksiz qısqarıp barıwı kerek. Esaplawlar sonı ko'rsetedi, elektron qısqa waqıt ichinde ($\sim 10^{-8}$ s) yadro u'stine tu'sip qalıwı na'tiyjesinde atom "buzılıwı" kerek edi. Bizge belgili, bunday h'al bayqalmaydı, atom statsionarsha qaladı. Atomnan shıg'ıp atırg'an jaqtılıq spektri h'a'm u'zliksiz bolmay, ba'liki sızıqlı bolar. Ma'selen gaz atomları spektri sızıqlı. Bunday sızıqlı spektrge misal etip vodorod atomı spektrin alıw mumkin. Atomlar spektri ne sebepten sızıqlı bolıwın Rezerfordtın' atom yadro modeli tu'sindirip bere almaydı. Demek, klassik mexanika h'a'm elektrodinamikag'a tiykarlanıp jaratılğ'an Rezerford atom teoriyası atom ishinde bolıp o'tetug'in protsesslerdi tu'sindiriwge jaramsız eken. Sonnan keyin daniyalıq fizik-teoretik Nils Bor, M. Planktın' energiya kvantı h'aqqındag'ı teoriyasın h'a'm ta'jriybede bayqalğ'an vodorod atomı spektral seriyaların u'yrenip, atom du'zilisinın' jan'a teoriyasın jarattı.

Atom du'zilisin u'yreniwda 1860 jılı nemis alımları G.Kirxgof (1824-1887) h'a'm R.Bunzen (1834-1898) ashqan spektral analiz usılı u'lken rol oynadı.

a'h'h'o' jılı shveytsariyalıq mektep fizika oqıtıwshısı Balmer ko'zge ko'rinetug'in oblastta vodorod atomının' spektral sızıqlarının' jaylasıwında ma'lim bir nızamlılıqtın' barlıg'ın sezdi. Balmerdin' anıqlawınsha tolqın uzınlıqtın' kemeyiwı menen olar arasındag'ı aralıq h'a'm kemeyip barar eken. Ko'p jıllıq izleniwlerden son' tolqın uzınlıqları anıq bolğ'an bul to'rt spektral sızıqların bir ulıwma formula menen an'latıwı mumkinligi anıqlandı:

$$\lambda_n = \lambda_0 \frac{n^2}{n^2 - 4} \quad (4)$$

bul formulada $\lambda_0 = \text{qu'n'u'}$, formuladagı n ge q,n',o' h'a'm u' ma'nisler berib, vodorod atomının' ko'zge ko'rinetug'in oblasttag'ı to'rt spektral sızıqlarının' tolqın uzınlıg'ın esaplawımız mumkin.

Spektrdegi nızamlılıqtı tolqın uzınlıq arqalı emes, tolqın jiyiligi menen an'latıw qolaylı. Jiyilik penen tolqın uzınlıq arasındag'ı baylanıstı esapqa alıp, Balmer formulasın jaqtılıq jiyiligi ushın jazamız

$$\nu = c \frac{4}{\lambda} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) = cR_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (5)$$

(n'.o') formuladag'ı $R_n = (10967758,1 \pm 0,8) \text{m}$ bolıp, ol vodorod spektrindegı barlıq sızıqlar ushın tiyisli bolıp, Ridberg turaqlısı dep ataladı. $R = cR_n$ h'a'm Ridberg turaqlısı dep ju'ritiledi h'a'm onın' ma'nisi $R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$ ekenligi anıqlang'an.

Keyinchelik vodorod atomı spektrinde ko'zge ko'rinetug'in ultrafiolet (uf) h'a'm infraqızıl (iq) oblastlarda h'a'm spektral sızıqlar tabıldı. Spektral sızıqlar toplamına spektral seriyalar deyiledi. Bul tabılğ'an sızıqlar h'a'm Balmer formulası arqalı an'latıladı. Tek shegaralıq tolqın uzınlıg'ı h'a'm (5) an'latpanın' skobka ishindegi bo'lshekleri menen pariqlanadı. Balmer formulası ulıwma h'alda

$$\nu_{\min} = cR_H \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (6)$$

ko'riniste an'latıladı.(n'.u') formulasındag'ı m h'a'm n nın' ma'nisine qarap, vodorod atomıdag'ı turli spektral seriyalardı payda etiw mumkin:

$$m = 1; n = 2, 3, 4, \dots, \nu = cR_n \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ Лайман сериясы}$$

$$m = 2; n = 3, 4, 5, \dots, \nu = cR_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ Бальмер сериясы}$$

$$m = 3; n = 4, 5, 6, \dots, \nu = cR_H \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ Папен сериясы}$$

$$m = 4; n = 5, 6, 7, \dots, \nu = cR_H \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ Брэкет сериясы}$$

$$m = 5; n = 6, 7, 8, \dots, \nu = cR_H \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ Пфунд сериясы}$$

Layman seriyası spektral sızıqları spektrdin' UF oblastında jaylasqan. Balmer seriyasındag'ı sızıqlar spektrdin' ko'zge ko'rinetug'in oblastında jaylasqanın bilemiz. Noalg'an spektral seriyalar barlıg'ı spektrdin' IQ oblastınan orın alg'an.

N.Bor ta'jriybede baqlang'an vodorod atomı spektri h'a'm nurlanıw kvantı tu'siniklerin sheberlik menen ulıwmalastırıp, a'9a'q jılı atomnın' jan'a teoriyasın jarattı.

N.Bor (1885-1962) bul teoriyanı jaratıwda absolyut qara denenin' nurlanıwı tu'sindirip bergен Planktın' energiya kvantı h'aqqındag'ı gipotezasın atomdag'ı elektronlarg'a qollanıp, elektronlar qa'legen orbitalarda aylanbastan tek ruxsat etilgen orbitalar boyınsha aylanadı degen juwmaqqa keldi. Bunday juwmaq na'tiyjesinde ol atom spektrinin' sızıqlı bolıw sebebin an'satlıq penen tu'sindirip berdi. Bunnan tısqarı Bor elektronnın' ruxsat etilgen orbitalar radiuslarının' qanday anıqlanıwın taptı. Bor o'zinin' atom teoriyasına da'liyllewsiz qabil etiliwshi u'sh postulottı tiykar etip aldı. Bul postulotlar to'mendegicha ta'riyplenedi.

1-postulot

Atom uzaq waqıt statsionar h'alatlarda bolıwı mumkin. Atomnın' statsionar h'alatına elektronnın' statsionar orbitalarda aylanıwı sa'ykes keledi. Elektronlar statsionar orbitalarda aylang'anda atom jaqtılıq shıg'armaydı h'a'm jutpaydı. Atomnın' h'a'r bir statsionar h'alatına E_1, E_2, E_3, \dots , energiya ma'nisleri tuwrı keledi.

2-postulot

Atomdag'ı elektron qa'legen orbitalar boylap aylanbastan impuls momenti Plank turaqlısına eseli bolg'an orbitalar boylap aylanadı:

$$mv_n r_n = n \hbar \quad (7)$$

Bunda $n=1, 2, 3, \dots$, ma'nislerin qabil etedi. Ol elektronnın' orbita ta'rtip nomerin ko'rsetedi h'a'm bas kvant sanı dep ataladı. \hbar belgi Plank turaqlısı h tın' 2π g'a qatnasına ten':

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$

3-postulot

Elektron bir statsionar orbitadan basqa statsionar orbitag'a o'tkende atom jaqtılıq kvantın shıg'aradı yaki jutadı. Nurlang'an yaki jutılğ'an kvant energiyası elektronnın' orbitadag'ı energiyaları ayırmasına ten':

$$h\nu = E_n - E_m \quad (8)$$

Bu an'latpada n h'a'm m lar orbita ta'rtip nomerleri. Ko'binese 1- h'a'm 2-postulotlardı birlestirip Bordin' eki postulottı bar dep ko'rsetiledi. Bordin' 2-postulotının' jaratılıwında Plank turaqlısının' o'lsheem birliginin' impuls momenti o'lsheem birligine sa'ykes keliwi tiykarğ'ı tu'rtki boldı. Yag'mıy,

$$mvr = \frac{\kappa \varepsilon M^2 \cdot c}{c^2} = n \cdot m \cdot s = j \cdot s$$

Kvant mexanıkası boyınsha 2-postulotdag'ı n orbita uzınlıg'ına jaylasatug'in de-Broyl tolqınlarının' sanına ten':

$$2\pi r = n\lambda_B$$

$$\lambda_B = \frac{h}{m\mathfrak{g}}$$

bolg'anı ushin

$$2\pi r = n \frac{h}{m\vartheta}$$

yaki

$$m\vartheta r = n \frac{h}{2\pi} = n \hbar$$

bolip, Bordın' 2-postulotının' matematik an'latpasi kelip shıg'adı.

Elektron joqarı orbitadan to'mengi orbitag'a tu'sse, atom jaqtılıq kvantın shıg'aradı. To'mengi orbitadan joqarı orbitag'a shıg'ıwı ushin bolsa sırttan jaqtılıq kvantı jutıwı kerek.

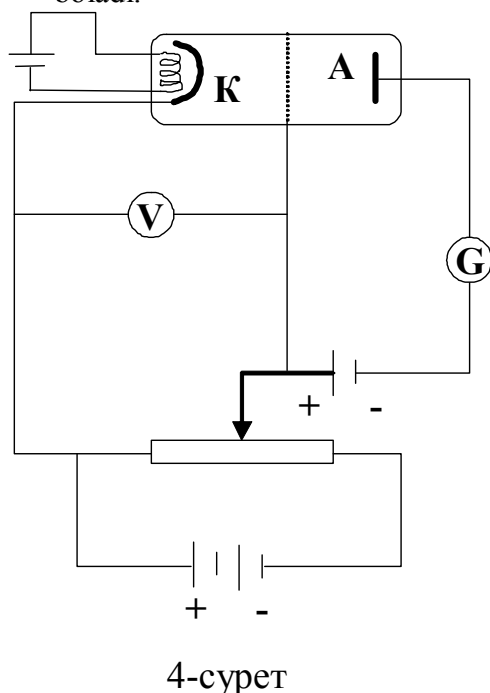
Ma'selen, elektron energiyası u'lken bolg'an 2-h'alatdan, energiyası kishi bolg'an 1-h'alatga tu'skende atomnan nurlanatuǵın jaqtılıq kvantı energiyası elektronnıń h'alatlardag'ı energiyaların' ayırmasına ten':

$$h\nu = E_2 - E_1$$

Nurlanatuǵın jaqtılıq jiyiligi

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

boladı.



Nemets fizikleri D.Frank (1882-1964) h'a'm G.Gertslar (1887-1914) 1913 jılı tosıwshı potentsiallar usılı menen gaz atomları menen elektronlar soqlıǵısqanda atom energiyasınıń diskret h'alda o'zgeriwın da'liyyledi. Olardıń ta'jriybe sxeması 4-su'wrette ko'rsetilgen.

Bunda h'awası sorıp alıń'an shiyshe ıdıs ichine 13 Pa basım astında sınap puwları qamalıp, ıdısın' eki chetine katod K h'a'm anod A jaylastırılǵ'an. Katod h'a'm anodlar arasına T metall tu'r elektrod ornatılǵ'an.

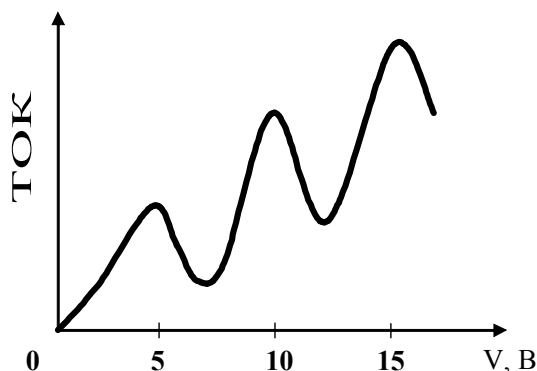
Katodtan uship shıqqan elektronlar katod penen setkag'a berilgen on' potentsial ta'sirinde tezletiledi h'a'm elektronlar alg'an kinetik energiya $m\vartheta^2/2 = eU_1$ ten'likten tabıladı. Setka menen A anod arasına elektronlardı toqtatıwshı onsha u'lken bolmag'an ($-0,5V$) U_2 teris kernew beriledi. Katod menen setka arasındag'ı maydanda tezlik alg'an elektronlar sınap atomları menen soqlıǵ'ıladı. Soqlıǵ'ısqannan keyin energiyası toqtatıwshı potentsialdı jen'e alg'an elektronlar anodg'a shekem jetip baradı. Elektronlar anodg'a shekem jetip barıwı ushin olardıń energiyası

$$\frac{mv^2}{2} \geq eU_2$$

bolıwı kerek. Elektronlar sınap atomları menen elastik emes soqlıǵ'ısqan waqıtta atomlar qozg'an h'alatg'a keledi. Bor atom teoriyasına muwapıq h'a'r bir atom ma'lim bir qozg'an h'alatg'a o'tiwı ushin ol anıq bir ma'niske iye bolg'an energiya alıwı kerek, yag'nıy elektrondı to'mengi qa'ddiden bazı bir joqarı qa'ddige o'tiwı atomg'a usı qa'ddilerdin' energiyaları ayırmasına ten' energiya bergende boladı. Bul energiyannıń elektron zaryadına qatnası atomnıń qozıw potentsialı deyiledi. Elektronlardıń energiyası atomdı qozdırıw ushin jeterli bolg'anda onı sınap atomları menen elastik emes soqlıǵ'ıswı ju'z beredi. Elastik emes soqlıǵ'ısqanda elektronlardıń energiyası bir tegis kemeymesten, diskret h'alda yaki basqacha aytqanda portsiya menen, anıq bir energiya bo'legi mug'darına o'zgeriwı kerek. Bizge belgili, eU_1 energiyalı elektronnıń energiyası sınap atomları menen elastik emes soqlıǵ'ıswı h'a'm toqtatıwshı potentsial ta'sirinde kemeyedi:

$$E = eU_1 - \Delta E - eU_2$$

Bul an'latpada eU_1 h'a'm eU_2 energiyalari aniq, elektronlardi sınap atomları menen soqlıg'ısqanda energiyasının ΔE mug'darina kemeyiwin galvonometrden o'tip atırg'an anod togın o'lshep anıqlaw mumkin.



5-cyper.

Anod togın elektronlarg'a tezlik beriwshi potentsialg'a baylanıslı grafıgi 5-su'wrette ko'rsetilgen. Grafikten korıniw turuptı, anod toki potentsial 4,9V g'a jetkenshe bir tegis artıp baradı h'a'm keyin birden kemeyip ketedi. Son' 9,8 V h'a'm 14,7V potentsiallarda h'a'm anod togının' maksimumları baqlanadı. Anod togın 4,9V, 9,8V h'a'm 14,7V potentsiallarda keskin kemeyip ketiwine energiyası 4,9 eV, 2-4,9eV h'a'm 3-4.9eV bolg'an elektronlardın' sınap atomları menen elastik emes soqlıg'ıswı sebep boladı.

Frank h'a'm Gertslerdin' bul ta'jriybesi atomlar energiyası u'zliksiz h'alda emes, balki diskert h'alda o'zgeriwin ko'rsetip, Bor atom teoriyasının' durıslıg'ın tastıyıqladı.

Bekkemlew ushın sorawlar:

1. Atom h'a'diyselewin tu'sindiriwde klassik fizikanın' qıyınshılıqları aytıp berin'
2. XX-a'sir basındag'ı atom fizikasında qanday jan'alıqlar boldı ?
3. Atomnın' Tomson modelin tu'sindirip berin'.
4. Rezerford ta'jriybesin aytıp berin'.
5. Yadronın' o'lshepi, zaryadı h'a'm massası qalay anıqlaymız?
6. Atomnın' yadro modelinin' kemchiligin aytıp berin'.
7. N.Vor qanday teoriya jarattı?
8. Bor postulatların aytıp berin'.

14. Atom yadrosının' du'zilisi. Yadro ku'shleri. Radioaktivlilik

Jobası:

1. Yadrolıq ku'shler.
2. Atom yadrosının' quramı.
3. Atom yadrolarının' baylanıs energiyası.
4. Radioaktiv ıdıraw nızamı.

Atom yadrosın qurawshı nuklonlar arasında protonlardın' kulonlıq iyterisiw ku'shlerinen ko'p ese u'lken yadrog'a ta'n ayırıqsha ku'shler ta'sir etedi. Olar yadrolıq ku'shler dep ataladı.

Eksperimentlerdin' berilgenleri ja'rdemimde (yadrolarda nuklonlardın' shashırawı, yadrolıq aylanıwlar h't.b) yadrolıq ku'shler gravitatsiyalıq elektr h'a'm magnitlik o'z-ara ta'sirlesiwlerden anag'urlım artıq ekenligi da'liyellenen.

Yadrolıq ku'shlerdin' tiykarg'ı qa'siyetlerin atap keteyik'

1) yadrolıq ku'shler tartısıw ku'shleri boladı~ 2) yadrolıq ku'shleri qısqa ta'sir etiwshi boladı – olardıń ta'siri shama menen 10^{-15} m qashıqlıqlarda bilinedi. Nuklonlar arasındag'ı qashıqlıq artqanda yadrolıq ku'shler 0 ge shekem tez kemeyedi. Al olardıń ta'sir etiw radiusınan ko'p kishi qashıqlıqlarda elektr ku'shlerinen bir neshe ese u'lken boladı (tap sol qashıqlıqta ta'sir etiwshi protonlar ku'shlerinen) ~

3) yadrolıq ku'shlerge zaryadlıq ku'shler ta'n~ eki protonlar yamasa eki neytronlar, yamasa proton h'a'm neytron arasındag'ı ta'sir etiwshi yadrolıq ku'shler shama jag'man birdey. Bunnan yadrolıq ku'shler elektr ta'biyatqa iye emes ekenligi kelip shıg'adı.

4) yadroliq ku'shlerge toyınıw qa'siyeti ta'n, yag'nıy yadrodag'ı h'a'r bir nuklon og'an en' jaqın nuklonlardın' sheklengen sanı menen o'z ara ta'sirlesedi~

5) yadroliq ku'shler o'z-ara ta'sirlesiwshi nuklonlardın' spinlerinin' o'z ara orientatsiyalarınan g'a'rezli. Ma'selen, proton h'a'm neytron tek olardıń spinleri parallel orientatsiyalang'an sha'rtinde deytrondı (2_1H -izotoptın' yadrosı) payda etedi~

6) yadroliq ku'shler oraylıq emes, yag'nıy olar o'z-ara tysirlesiwı nuklonlardı orayların tutastırıwshı sızıq boyınsha ta'sir etpeydi.

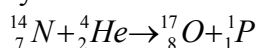
Atom yadrosının' quramı

Ne ushın bir ximiyalıq elementtin' izotopları h'a'r qıylı massag'a iye? Bul sorawg'a atom yadrosı qanday bo'lekshelerden turatug'mın h'a'm h'a'r qaysı yadroda olardıń sanın bilip juwap beriwege boladı.

Rezerford o'zinin' ta'jriybesinde atomnın' barlıq on' zaryadı atom yadrosında toplang'anın anıqladı.

Yadrodag'ı on' zaryadqa iye bo'lekshelerdin' sanı (olar protonlar degen atamanı aldı) Mendeleev tablitsasındag'ı elementtin' ta'rtpilik sanına ten'. Bizler yadrodag'ı protonlar sanı onın' zaryad sanın Z anıqlaytug'mın ko'rip turmız.

1919 jılı Rezerford birinshi ma'rte yadroliq aylanıwdı a'melge asırdı. Onın' ja'rdemide ol eksperimente atom yadrosı quramına shınında da protonlar kiretug'mın da'liyledi. Ol joqarı energiyalı α - bo'leksheleri menen azot ${}^{14}_7N$ yadroların bombaladı. Rezerford o'tkizgen yadroliq reaksiyanın' sxeması mınaday

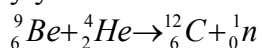


bunda ${}^{17}_8O$ -kislorod izotopı, 1_1P -proton. Yadroliq reaksiyalar dep atom yadrolarının' basqa atom yadroları menen yamasa elementar bo'leksheler menen o'z-ara ta'sirleskende bolatug'mın yadroliq aylanıwlarg'a aytiladı.

Keyin proton bo'linip shıg'atug'mın yadroliq reaksiyalar α - bo'leksheler menen alyuminiy, fluor atom yadroların bombalag'anda a'melge asırıldı.

Proton zaryadı $Q = +1,6 \cdot 10^{-19} K\lambda$ h'a'm massası $m_p = 1,6724 \cdot 10^{-27} K\lambda$ bolg'an - on' zaryadlang'an elementar bo'lekshe.

Protıy 1_1H - vodorod yadrosının' izotopı bir protonnan turadı (sebebi $A=Z=q$) Vodorodtın' basqa izotoplarınin' - deyeriy 2_1D h'a'm tritiy 3_1T -din' zaryadlıq sanları da birge ten', yag'nıy bul yadronın' h'a'r birinin' quramına tek g'ana bir proton kiredi. Ne ushın onda deyeriydin' massalıq sanı ekige, al tritiydin' massalıq sanı u'shke ten'? Bunı atom yadrolarının' quramına protonnan basqa neytronlar dep atalg'an zaryadlanbag'an bo'leksheler kiredi degen boljaw menen tu'sindiriwege boladı. Neytronlardın' massası protonlar massasına jaqın. Bunday boljaw birinshi ma'rte qow0 jılı Rezerford ta'repinen aytilg'an. Ko'p waqt dawamında neytronlardı ashıwg'a arnalg'an baslamalar sa'tsiz boldı. En' son'ında qoew jılı Rezerford laboratoriyasının' xızmetkeri Chedvik atom yadrolarının' quramına shınında da neytronlar kiretug'mın eksperimente da'liyllewshi yadroliq reaksiyanı a'melge asırdı. α -bo'leksheler menen 9_6Be berilliy yadroların bombalap, ol



reaksiyanı a'melge asırdı, bunda ${}^{12}_6C$ - uglerodtın' izotopı, 1_0n -neytron.

Neytron massası $m_n = 1,6748 \cdot 10^{-27} K\lambda$ zaryadlanbag'an neytral bo'lekshe.

qoew jılı rus fizigi İvanenko h'a'm nemets fizigi Geyzenberg bir-birinen g'a'rezsiz izotoplardıń bar bolıwın tu'sindiretug'mın atom yadrosının' proton-neytron modelin usındı. Bul modelge muwapıq atom yadrosı protonlar h'a'm neytronlardın turadı (olardı ulıwma bir atama - nuklonlar menen biriktiredi).

Joqarıda aytıp ketkendey yadrodag'ı protonlar sanı Z ten' yadrodag'ı neytronlar sanın N menen belgileydi. Proton h'a'm neytronlardın' massaları bir-birinen az parıqlang'an sebepten, onda massalıq san A nuklonlardın' ulıwma sanın belgileydi, ol proton h'a'm neytronlar sanının' qosındısı boladı'

$$A=Z+N \quad (1)$$

(1) İvanenko-Geyzenberg formulası dep ataydı.

Yadronın' proton – neytronlıq modeline muwapıq, izotoplar – birdey sandag'ı protonlarg'a, biraqta h'a'r qıylı sandag'ı neytronlarg'a iye yadrolar.

Atom yadrolarının' baylanıs energiyası

İvanenko-Geyzenberg formulasına muwapıq atom yadrosındag'ı nuklonlardın' ulıwma sanı $A=Z+N$, bunda Z -protonlar sanı, N - bul yadrodag'ı neytronlardın' sanı, Birinshi ko'z-qarastan bul yadrog'a kırıwshi protonlar h'a'm neytronlardın' tınıshlıq massalar qosındısı (yag'nıy Zm_p+Nm_n), bul yadronın' tınıshlıq massası M ge ten' bolatug'ınday ko'rinedi. Biraqta Mass-spektrometrler ja'rdeminde atom yadroları massalarının' o'lshewleri yadronın' tınıshlıq massası h'a'r dayım onın' quramına kırıwshi nuklonlar tınıshlıq massası qosındısınan massa defekti dep atalatug'ın bazı bir shamag'a kishi bolatug'ın ko'rsetti. Demek, $\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - M$ (2)

Bo'lek nuklonlar atom yadrosına birikken gezde massa defektinin' payda bolıw sebebin anıqlaw ushın yadronın' baylanıs energiyası tu'sinigin kiritiw za'ru'rli. Joqarıda ayılıp ketkendey, nuklonlar yadroda tartılıwdın' yadrolıq ku'shleri menen uslap turıladı. Yadrolıq tartılıw ku'shlerin jen'ip, yadronı neytronlar h'a'm protonlar – qurawshı bo'lekshelerge bo'liwge za'ru'rli sarp etiletug'ın ΔE energiyanı atom yadrosının' baylanıs energiyası dep ataydı.

Energiyanın' saqlanıw nızamına muwapıq, egerde yadro bo'lek nuklonlardan payda bolsa, onda ol qurastırılğ'an gezde yadronın' baylanıs energiyası nurlanıw tu'rinde bo'linip shıg'adı. Eynshteynnin' massa h'a'm energiyanı o'z-ara baylanıs nızamınan

$$E=mc^w \quad (3)$$

Massa h'a'm energiyanın' ekvivalentligi kelip shıg'adı. Yadro bo'lek nuklonlardan payda bolg'an gezde baylanıs energiya menen birgelikte massanın' belgili mug'darı alıp ketilgendey boladı, ol massa defektinin' payda bolıwına alıp keledi. (w) den

$$\Delta E = \Delta mc^2 \quad (4)$$

kelip shıg'adı. (q) di (w) ge qoyıp,

$$\Delta E = [(Zm_p + Nm_n) - M]c^2 \quad (5) \quad \text{alamız. (5) formula atom yadrosının' baylanıs}$$

energiyasın anıqlaydı.

Baylanıs energiyasına sonday anıqlama beriw mu'mkin. *Yadronı sol yadro quramındag'ı proton h'a'm neytronlarg'a ıdratıp jiberiw ushın kerek bolg'an energiya baylanıs energiyası delinedi.* Mısalı, qozg'alıwshı bir geliy atomı yadrosın 4 nuklong'a ajratıw ushın $28,4 \cdot 10^6$ eV energiya za'ru'r yamasa normal jag'dayda 1 sm^3 ko'lemde bolg'an $2,7 \cdot 10^{19}$ dana geliy atomı yadrosın ıdratıw ushın $1,2 \cdot 10^8$ Dj energiya za'ru'r.

Jen'il yadrolardı biriktiriw usılı menen de yadrolıq energiyadan paydalanıw mu'mkin. Mısalı, deyteriy h'a'm tritiydin' sintezinde α -bo'lekshe h'a'm neytron payda boladı. Sol reaktsiyada 17,6 MeV energiya ajıraladı, yag'nıy qozg'alıwshı bir nuklong'a 3,5 MeV energiya tuwrı keledi.

Yadrolar sintezi a'melge asıwı ushın olar bir-biri menen yadrolıq ku'shlerdin' ta'siri bolatug'ın aralıqqa shekem jaqınlasıwı kerek. Biraq yadrolardı bul da'rejede jaqınlasıwına Kulon iyterisiw ku'shleri sebepli olar arasında payda bolatug'ın potentsial tosqınlıq qarsılıq ko'rsetedi.

Radioaktiv zatlar nurlanıwlarının' biologiyalıq ta'sirinde tiri toqımalar atom h'a'm molekuların buzg'an h'alğ'a o'tkeriw h'a'm ionlastırıw jetedi.

Zaryadlı bo'lekheler, dene atomlarının elektronlari menen ta'sirlesedi. Na'tiyjede dene atomlari ionlasadi yamasa qozg'an h'alga o'tedi. Zaryadli bo'lekshe elektron menen qozg'alwshı bir soqlıg'ıswda o'z energiyasınin' bir bo'limin jog'altadı.

Radioaktiv ıdraw nızamı.

Frantsuz fizigi A.Bekkerel uran duzlarının' lyuminestsentsiyasın u'yrenip atırg'anda olar o'z-o'zinen fotoplastinkag'a ta'sir etetug'in, h'awanı yonizatsiyalaytug'in, jin'ishke metall plastinkalardan o'tetug'in, bir qatar zatların' lyuminestsentsiyasın tuwdıratug'in belgisiz ta'biyattag'ı nurlardı shıg'ıratug'in oylamag'an jerden ashtı. Bul qubılıstın' izertlewin dawam etip, erli zayıplılar Mariya h'a'm Per Kyuriler Bekkerel nurlanıwı tek g'ana uran duzlarına emes, al ko'pshilik awır elementlerge, ma'selen, toriy h'a'm aktiniyge ta'n ekenin ashtı. Olar tag'ı da metall uran alınatug'in uran rudası uran nurlanıwının' intensivliginen ko'p ese artıq intensivliktegi nurlanıwı shıg'aratug'inin ko'rsetti.

Usınday jol menen Bekkerel nurlanıwına iye eki jan'a element bo'lip shıg'arıldı poloniy ($^{210}_{84}Po$) h'a'm radiy ($^{226}_{88}Ra$)

Ashılg'an nurlanıw radioaktiv nurlanıw dep ataladı, al radioaktiv nurlanıw shıg'arılatug'in qubılıstın' o'zi radioaktivlik dep ataladı.

Keyingi ta'jiriybeler radioaktivlik nurlanıw xarakterine ximiyalıq birikpenin' tu'ri, agregat h'alı, mexanikalıq basım, temperatura, elektr h'a'm magnit maydanlar, yag'nıy atom elektron qabatshasınin' h'alın o'zgeriske alıp keletug'in barlıq ta'sirler, ta'sirin tiygizbeytug'inin ko'rsetti. Demek, elementtin' radioaktivlik qa'siyetleri tek yadro strukturasına baylanıslı.

*a'zirgi waqıtta radioaktivlik dep bazı bir atom yadrolarının' o'z-o'zinen(spontan) h'a'r qıylı tu'rdegi radioaktiv nurlanıwlar h'a'm elementar bo'lekheler shıg'arıp, basqa yadrolarg'a o'tiwlerin tu'sinedi.

Radioaktivlik ta'biyiy (ta'biyatta bar turaqlı emes yadroda baqlanadı) h'a'm jasalmag'a (yadrolıq reaksiyalar arqalı alıng'an izotoplarda bayqaladı) bo'linedi. Bul radioaktivliktin' eki tipi arasında printsipial ayırmashılıq joq, sebebi eki jag'dayda da radioaktiv aylanıw nızamları birdey.

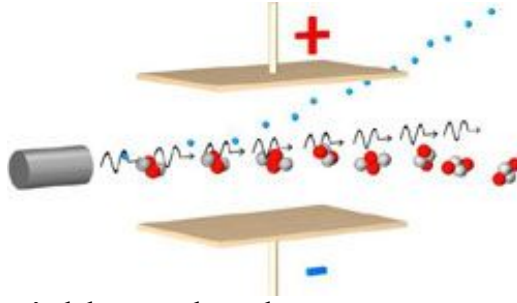
Radioaktiv nurlanıw quramalı du'ziliske iye. Elektr maydanında radioaktiv nurlanıwdın' jin'ishke da'stesi e qurawshıg'a jiklenedi (1-su'wret) `q) h'a'lsiz awısatug'in on' bo'lekheler da'stesi (α nurlanıw) `w) ku'shli awısatug'in teris bo'lekheler da'stesi (β nurlanıw)~ e) awıstırılmaytug'in da'ste (γ nurlanıw). Bul qurawshılardıń teren' izertleniwi olardıń ta'biyatın h'a'm tiyqarg'ı qa'siyetlerin anıqlawg'a mu'mkinshilik berdi.

α -bo'lekheler elektr h'a'm magnit maydanları menen awıstırıladı, joqarı yonizatsiyalawshı uqıplılıq h'a'm kem o'tiwshilik uqıplılıqqa iye (ma'selen ,0-0,5mm qalın'lıqtag'ı alyuminiy qabatı menen jutıladı). α - nurlanıw bul geliy yadrolarının' ag'ımı` α -bo'lekshenin' zaryadı +we, al massası 4_2He geliy izotopının' massası menen sa'ykes keledi. α -

bo'lekhelerdin' elektr h'a'm magnit maydanında awıswı boyınsha olardıń $\frac{Q}{m_\alpha}$ salıstırmalı zaryadı anıqlanadı. Bul zaryadtın' ma'nisi olardıń ta'biyatı h'aqqındag'ı tu'siniktin' durıs ekenligin tastıyıqladı.

β -bo'lekheler elektr h'a'm magnit maydanları menen awıstırıladı~ olardıń α bo'lekhelerge qarag'anda yonizatsiyalawshı qa'siyeti anag'urlım kishi (shama menen eki ta'rtıpkę), al o'tiwshilik uqıplılıg'ı anag'urlım u'lken (shama menen wmm qalın'lıqtag'ı alyuminiy qabatı menen jutıladı) β nurlanıw tez elektronlardın' ag'ımı (bul olardıń salıstırmalı zaryadın anıqlawdan kelip shıg'adı).

γ - nurlanıw elektr h'a'm magnit maydanları menen awıstırılmaydı, salıstırmalı kishi yonizatsiyalawshı uqıplılıqqa h'a'm u'lken o'tiwshilik uqıplılıqqa (ma'selen, t sm qalın'lıqtag'ı qorg'asın qatlamnan o'tedi) iye. α - nurlanıw kristallardan o'tkende difraktsiya qubılısı bayqaladı.



1-su'wret. α , β , γ nurlarının' elektr maydanında auisıwı

γ -nurlarıw juda' kishkene tolqın uzınlıqlı $\lambda < 10^{-10}$ qısqa tolqınlı elektromagnitli nurlarıw h'a'm usının' saldarınan ayqın bilinetug'ın korpuskalıq qysiyetlerge iye, yag'nıy ol γ -kvantlar (fotonlar) ag'ımı boladı.

Yarım ıdıraw periodı.

Radioaktivlik ıdıraw yamasa ıdıraw degenimizde o'z-o'zinen bolatug'ın yadrolardıń ta'biyyi radioaktivlik aylanıwların tu'sinemiz.

Radioaktiv ıdırawg'a ushırap atırg'an atom yadrosı analıq, al payda bolg'an yadro-qızlıq dep ataladı.

Radioaktivlik ıdıraw teoriyası radioaktivlik ıdıraw statistika nızamlarına bag'ınatug'ın o'z-o'zinen bolatug'ın protsess degen boljawg'a tiykarlanıp du'ziledi. Radioaktivlik ıdıraw o'z-o'zinen bolatug'ın sebepten t dan t+dt waqıt intervalına shekem ıdırag'an yadrolar sanı dN waqıt aralıg'ı dt h'a'm t waqıt momentine shekem ıdıramag'an yadrolar sanı N-ge proporsiyonal'

$$dN = -\lambda N dt \quad (3)$$

bunda λ -berilgen radioaktivlik zat ushın radioaktivlik ıdırawdın' turaqlısı dep atalatug'ın turaqlı "minus" belgisi ıdıraw protsessinde radioaktivlik yadrolardıń ulıwma sanı kemeyetug'ının ko'rsetedi.

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt, \quad \int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt \quad \ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t \quad \text{alamız.}$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (4.)$$

bunda N_0 - (t = 0 waqıt momentinde) ıdıramag'an yadrolardıń da'slepki sanı, N - t waqıt momentinde ıdıramag'an yadrolardıń sanı (q.w.w) formula radioaktivlik ıdıraw nızamın an'latadı, og'an muwapıq ıdıramag'an yadrolar sanı waqıt o'tiwi menen eksponenta boyınsha kemeyedi.

Radioaktivlik ıdıraw protsessinin' intensivligin eki shamalar sıpatlaydı' yarım ıdıraw periodı $T_{q/w}$ radioaktiv yadro yadrolarının' qosındı jasaw dawamlılıg'ı t onın' ortasha jasaw waqıtı τ . Yarım ıdıraw periodı $T_{q/w}$ - ıdıramag'an yadrolar sanı ortasha eki ese kemeyetug'ın waqıt aralıg'ı.

Onda (q.w.w)- ge muwapıq

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}$$

bunnan

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda = 0.693 \lambda$$

Ta'biyyi radioaktivlik elementlerdin' yarım ıdıraw periodları sekundtın' on millyonnan bo'leklerinen ko'p millyonlar jıllarg'a shekem ma'nislerge iye.

dN yadrolarının' qosındı jasaw dawamlılıg'ı $tdN = \lambda N dt$ - g'a ten'. Bul an'latpanı t - nın' barlıq mu'mkin bolg'an ma'nisleri boyınsha integrallap h'a'm da'slepki yadrolar sanı N_0 - g'a bo'lip, radioaktivlik yadronın' ortasha jasaw waqıtın τ alamız.

$$\tau = \frac{1}{N_0} \int_0^{\infty} \lambda N t dt = \frac{1}{N_0} \int_0^{\infty} \lambda N_0 t e^{-\lambda t} dt = \lambda \int_0^{\infty} t e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda}$$

Solay etip, radioaktiv yadronın' ortasha jasaw waqıtı – radioaktivlik ıdıraw turaqlısı λ -g'a kerı shama.

Radioaktiv derektegi nukliddin' (protonlar sanı Z h'a'm neytronlar sanı N menen ayırılatus'ın atom yadrolarının' ulıwma ataması) aktivligi A dep, ΔN ıdırag'an yadrolardıń sanının' ol ıdıraw bolg'an Δt waqıt aralıg'ına qatnasına aytamız`

$$A = \frac{\Delta N}{\Delta t} \quad (5)$$

(2) h'a'm (3) an'latpalardan $A = -\lambda N$ kelip shıg'adı. Sı de aktivliktin' birligi Bekkerel (Bk) 1Bk- 1s ishinde bir ıdıraw aktı bolatug'ın nukliddin' aktivligi. Usı waqıtqa shekem yadrolıq fizikada, radioaktiv derektegi nuklid aktivliginin' sistemadan tıs birligi - kyuri (Ki) qollanıladı.