

Zilzila haqida tushunchalar va uni matematika fani yordamida o'rganish haqida

Alijon Xayrulloevich Avezov
Shahzodabonu Voxid qizi Toshpo'latova
Buxoro davlat universiteti

Annotatsiya: Maqolada zilzilaga oid tushunchalar, kelib chiqishi, turlari, seysmik o'lkalar va yuz bergan zilzilalar va oqibatlari haqida umumiy ma'lumotlar keltirilgan. Zilzila ro'y berish sabablari guruhlariga bo'lingan holda tushuntirilgan. Uning turlari - sezilmaydigan zilzilalar, zo'rg'a seziluvchi zilzilalar, yerning kuchsiz tebranishi va zilzila intensivligi bayon qilingan. Seysmik rayonlashtirish va zilzilani oldindan aytish yo'llari tahlil qilingan. Zilzilani aniqlash kichik tebranish tarqalishi bilan bog'liq fizikaviy jarayonlar o'rtasidagi bog'liklar haqida fikr yuritilgan.

Kalit so'zlar: zilzila, silkinishlar, emiruvchi va buzuvchi zilzilalar, seysmik o'lkalar, seysmologiya, mikroseysmik, makroseysmik, epitsentr, yer po'sti, sezilmaydigan zilzilalar, zo'rg'a seziluvchi zilzilalar, yerning kuchsiz tebranishi, nur, fiksirlangan nuqta, soha, kichik tebranish tarqalishi, silliq, kolleniar

Concepts about earthquake and studying it with the help of mathematics

Alijon Xayrulloevich Avezov
Shahzodabonu Voxid qizi Toshpulatova
Bukhara State University

Abstract: The article provides general information about earthquake concepts, origins, types, seismic regions, and earthquakes that have occurred and their consequences. The causes of earthquakes are explained in groups. Its types - imperceptible earthquakes, barely perceptible earthquakes, weak ground shaking and earthquake intensity are described. Seismic zoning and earthquake prediction methods are analyzed. Earthquake detection is thought about the connections between the physical processes associated with the propagation of small vibrations.

Keywords: earthquake, aftershocks, subduction and faulting earthquakes, seismic regions, seismology, microseismic, macroseismic, epicenter, crust, imperceptible earthquakes, barely perceptible earthquakes, weak ground shaking, beam, fixed point, sphere, small vibration propagation, smooth, college student

Yer ichki qismidan uning sirtiga tomon yo'nalgan kuch ta'siridan yer po'stining ayrim qismlarini to'satdan silkinishiga zilzila deyiladi. Ba'zan silkinishlar tashqi omillardan (tog'dagi qulashlar, katta meteoritning yer yuzasiga tushishi va boshqalar) ham bo'ladi. Bir necha yuz yillar davomida kuzatilgan ma'lumotlar bu hodisani sayyoramizning ayrim seysmik zonalarida ko'p bo'lib turishini ko'rsatadi.

Yer yuzasini emiruvchi, buzuvchi zilzilalarning ko'pi Pireney, Apenin, Karpat, Bolqon, Kavkaz tog'lariga va O'rta Osiyoning tog'li rayonlariga, janubda Hindiqush, Himolay tog'lariga va Tinch okean halqasiga to'g'ri keladi. Ba'zi joylar borki, u yerlarda butunlay yoki deyarli zilzila bo'lmaydi, bunday yerlar (Germaniya, Polsha pasttekisligi, Rossiya tekisligi, Finlandiya, Kanada, Braziliya va hakoza) seysmik o'lkalar deb ataladi. Zilzila sabablarini seysmologiya fani o'rganadi.

Seysmologiya (yunoncha seismos - zilzila, logos - fan) - zilzilalar haqidagi fan. Zilzilaning sabablari, seysmik to'lqinlarning yer ichida tarqalishi, zilzilalar geografiyasi va zilzilalar oqibatiga qarshi kurash yo'llarini o'rganadi.

Zilzila yer po'stining ostki qismidagi massalarning, jumladan, mantiyadagi saralanish jarayonida kuchli harakat paydo bo'ladi va tebranma to'lqinlar zilzila markazidan atrofga va yer yuzasiga tarqaladi. Zilzilaning dastlabki harakatidan keyin ham yer ichida saqlanib qolgan ortiqcha energiya va yer po'stining ayrim qismlarini tebranishiga sabab bo'ladi.

Yer sirtining tebranishi, unga ichki qatlamlardan o'tib keluvchi egiluvchan to'lqinning urilishidan kelib chiqadi. Zilzila markazidan tarqalgan to'lqinning urilishga ko'ra (tik, qiya) ayrim o'zgarishlar sodir bo'ladi (daraxtlar og'ib, yana tiklanadi, imorat bezaklari buziladi, haykallar qulaydi). Zilzila bir necha sekund davom etsa-da, keyinchalik bir necha kun, oy va yillar davomida goh kuchli, goh kuchsiz bo'lib qaytariladi. Masalan, 1887 yil 28 mayda Olmaotada va 1966 yil 26 aprelda Toshkentda bo'lgan zilzilaning uch oy davomida 800 dan ortiq qaytarilishi qayd qilingan.

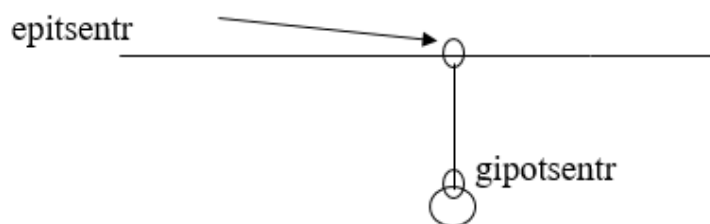
1870 yil 28 iyunda Gretsiyada yuz bergan zilzilaning birinchi uch kunida 86 dan ortiq zarba, ya'ni har uch sekundda bir to'lqin bo'lgani aniqlangan. Bu yerda uch yil davomida 750000 marta zarba (300 tasi emiruvchi zarba) bo'lgan. Maxsus asboblarga sezadigan zilzila mikroseymik, asboblarsiz seziladigani esa makroseymik deb aytiladi.

Seysmograf (yunoncha seismos - zilzila, grafo - yozaman) - zilzila bo'lganda yoki moddalar portlatilganda yer po'stida ro'y beradigan tebranishlarni qayd qiladigan asbob. Seysmograf asbobi o'rnatilgan 700 ga yaqin stansiyalar bor. Har yili bular 10000 tacha zilzilani, ya'ni har soatda bitta zilzilani hisobga oladi. Buning yarmidan kamrog'i kuchli va xavfli zilzila hisoblanadi.

Yer po'sti ichida silkinish ro'y bergan joy zilzila o'chog'i yoki gipotsentr deyiladi. Gipotsentr (grekcha gipo - «markaz osti» demakdir). Uning ustida zarba eng

kuchli bo'ladigan joy epitsentr deb ataladi.

Epitsentr grekcha epi - «ust, markaz usti» degan ma'noni bildiradi.



Zilzilaning o'chog'idan silkinish tik ko'tarilib zo'r kuch bilan avvalo epitsentrga etib keladi. Epitsentrdan uzoqlashgan sari zilzila kuchi zaiflasha boradi. Zilzila o'chog'i qancha chuqurda bo'lsa, uning kuchi shuncha katta hududlarga tarqaladi, aksincha yer yuzasiga yaqin bo'lsa, kichik hududga tarqaladi. Bunga 1966 yilda sodir bo'lgan Toshkent zilzilasini misol qilib ko'rsatsa bo'ladi. Epitsentrdan siljish kuchli, shahar chetlarida esa ancha zaif bo'lgan.

Seysmik to'lqinlar ikki xil bo'ladi:

- a) vertikal - silkituvchi kuchga ega bo'lib, yer ustidagi buyumlarni go'yoki ostidan urgandek irg'itib yuboradi;
- b) gorizontal - to'lqinlar esa to'lqinsimon harakatda bo'lib, narsalarni go'yoki beshik tebratgandek tebratadi.

Bir xil ballga ega bo'lgan joylarni birlashtiruvchi chiziqlarga izoseysmik chiziqlar deyiladi.

Rezinani tarang tortib, keyin bo'shatsak, uning har bir zarrachasi oldin cho'ziladi va yana asliga qaytadi. Har ikkala holatda ham to'g'ri chiziq yo'nalishini saqlaydi. Rezinka zarrachalarining bunday harakati bo'ylama tebranish deyiladi. Rezinkani ikki predmetga mustahkamlab, yuqori ko'tarib qo'yib yuborilsa, har bir zarrachasi ko'ndalangiga to'g'ri chiziqli harakat qiladi. Bu harakat ko'ndalang egiluvchan to'lqinga mos keladi. Rezinkada ikkala ko'ndalang va bo'ylama to'lqin har xil vaqtda hosil bo'ladi, qattiq jinslarda esa egiluvchan jinslar orasidagi mexanik energiya birlashishi natijasida ikkala to'lqin bir vaqtda bo'ladi.

Zilzilaning yer sharida tarqalishi

Yer sharida bo'ladigan zilzilalar yer po'stining asosan ikki yirik harakatchan mintaqasida tarqalgan.

1. Tinch okean mintaqasi hamma zilzilaning 80 foizini tashkil etadi. Bu mintaqqa eng chuqur yer yorig'i o'tgan joylarni o'z ichiga olib, chuqurligi 700 km.ga boradi. Ayniqsa, Yaponiyada bo'ladigan kuchli zilzilalar bunga misol bo'la oladi.

2. O'rta - dengiz - Indoneziya mintaqasi barcha zilzilaning 12 foizini tashkil qiladi. Indoneziyadan boshlanib, g'arbga tomon Himolay tog'lari orqali Tyanshan va Pomirga, Afg'oniston, yeron orqali Kavkaz tog'lariga boradi, bu yerda qora dengiz sohillari bo'ylab ikkiga bo'linadi:

- bir qismi shimoliy-g'arbga Qrim, Karpat, Alp, Pireney tog'lari orqali Atlantika

okeaniga chiqadi;

- janubiy g'arbga yo'nalib O'rta dengizning janubiy va shimoliy sohillari bo'ylab u ham Atlantika okeaniga chiqadi.

Zilzila ro'y berish sabablarga ko'ra quyidagi guruhlariga bo'linadi:

a) ekzogen jarayonlar natijasida bo'ladigan (o'pirilish zilzilalari);

b) vulqon harakati natijasida bo'ladigan;

v) tog' hosil bo'lish jarayoni natijasida bo'ladigan - tektonik zilzilalar;

g) tektonik zilzilalardan farq qiluvchi chuqurdan bo'ladigan yoki plutonik zilzilalarga bo'linadi.

O'pirilish zilzilalari - bu xil zilzilalar karst relefli o'lkalarda keng tarqalgandir.

Vulkan zilzilalari - so'nmagan vulqonning harakati natijasida ham zilzila bo'lib turadi. Bunday zilzila faqat vulkanik o'lkalarga xosdir (zilzila kuchi 5-6 ballgacha bo'ladi). Masalan, Tinch okeani atrofidagi Kamchatka yarim oroli, Kuril, Xokkaydo orollari shular jumlasidandir. Bu yerlarda zilzila o'chog'i 200 - 600 km chuqurlikda joylashgan.

Tektonik zilzilalar - yer qatlamlarini (bu xil yer qimirlashga 90% tashkil qiladi) o'zgartirib, tog'lar hosil qiluvchi energiya (kuch) zarbidan kuchli zilzila vujudga keladi. Tektonik jarayonlar natijasida yer po'stida qatlamlar bukiladi, siqiladi, yoriladi, uziladi va boshqa xil strukturalar paydo bo'ladi, ya'ni tog' paydo bo'ladi.

Zilzila tiplari tektonik, vulkanik, o'prilma, urilma (meteorit) va antropogen bo'ladi.

Tog'li o'lkalarda, masalan Alp, Tyanshan, Pomir, Kavkaz, And, Kordilera va boshqa o'lkalarda yer hozirgi vaqtda ham tez - tez tebranib turadi. Tektonik harakatlar asosan geosinklinal mintaqalarda bo'lib turadi. Xullas, tektonik zilzila endi dahshatli va vayronalik keltiruvchi zilziladir.

Zilzilaning kuchi odatda ball bilan o'lchanadi, 1964 yili seysmolog S.V.Medvedev tuzgan va Rossiya Fanlar Akademiyasi yer fizikasi instituti tomonidan tuzatish kiritilgan shkala qabul qilingan. Bunda uning kuchi 12 balli shkalada ifodalangan.

1-sezilmaydigan zilzilalar. yer tebranishining kuchi insonlar sezadigan darajaga etmaydi. Uni faqat tebranishni qayd qiluvchi maxsus asboblari - sesymograflar yordamida qayd qilish mumkin;

2-zo'rg'a seziluvchi zilzilalar. Zilzila kuchini binoning harakatsiz holatda bo'lgan, ayniqsa yuqori qavatlarida bo'lgan ayrim insonlar sezishi mumkin;

3-yerning kuchsiz tebranishi. Zilzilani bino ichida bo'lgan insonlarning ayrimlari, ochiq joyda bo'lganlardan faqat tinch holatda turganlargina sezadi. Tebranish go'yo ma'lum masofadan yuk mashinasi o'tganday tuyuladi. Sinchikov kuzatuvchi osma holatda bo'lgan predmetlarning engil tebranishini ilg'ab oladi, binolarning yuqori qavatlarida tebranish nisbatan kuchliroq bo'ladi;

4-tebranish sezilarli bo'ladi. Bino ichida bo'lgan insonlarning aksariyat qismi, ochiq joylardagi ozchilik sezadi. Uy deraza oynalari, eshiklar, idishlar engil zirillaydi. O'sma halatda bo'lgan anjomlar tebranadi. To'xtab turgan avtotransportdagilar ham sezadi;

5-uyg'onib ketish. Zilzilani bino ichidagi insonlarning hammasi sezadi. Uyqudagilarning aksariyat qismi qo'rquv aralash uyg'onadi. Hayvonlar bezovta bo'ladi. O'sma soatlar to'xtab qoladi. Mustahkam asosga ega bo'lmagan ayrim buyumlar yiqiladi yoki suriladi;

6-qo'rquv bosish. Zilzilani bino ichidagi va ochiq joylardagi insonlarning hammasi sezadi. Ko'pchilikni qo'rquv bosadi va uydan tashqariga qochib chiqishadi. Harakatdagilar muvozanatini yo'qotadi. Hayvonlarda bezovtalik kuchayadi. Ba'zan shisha buyumlar sinishi mumkin;

7-binolar shikastlanadi. Ko'chilik insonlarda qattiq qo'rquv paydo bo'ladi. Avomabil boshqarayotganlar ham sezadi. Tepalik va to'g' oldi zonalarda o'pirilish bo'ladi. Suv yuzida to'lqinlar paydo bo'lib loyqalanadi. Quduq suvlari sathi, miqdori o'zgarishi kuzatiladi. yer osti suvlari sizib chiqish hollari bo'ladi;

8-binolarning kuchli shikastlanishi. Qo'rquv va sarosima bosadi. Daraxt shohlari sinadi, tuproqda bir necha santimetrli yoriqlar paydo bo'ladi. Yangi suv havzalari paydo bo'ladi. yer osti suvi harakati keskin o'zgaradi. Yangi buloqlar paydo bo'ladi;

9-binolarning batamom shikastlanishi. Aholining hammasini vahima bosadi. Hayvonlar kuchli ovoz chiqarib, betartib harakat qiladi. yer osti quvurlar uziladi, temir yo'llar qiyshayadi. Tuproqda 10 sm.gacha yoriqlar paydo bo'ladi. Qoyalarda qulaydi, ko'chkilar yuzaga keladi;

10-inshootlarning batamom buzilishi. Suv omborlari, tug'onlar, ko'priklarda buzilish bo'ladi. yer yuzasi yoriladi, to'lqinsimon past-balandliklar paydo bo'ladi. yer osti inshootlari buziladi. Qoyalarda tosh ko'chishi yuzaga keladi. Kanal, ko'l va daryolarda suvlar kuchli chayqaladi, yangi suv havzalari paydo bo'ladi;

11-Talofat. Puxta qurilgan inshootlar, ko'priklar, uylar, to'g'onlar, temir yo'llar jiddiy shikastlanadi. yer yuzidagi keng yoriqlar, uzilish, siljish kabi deformatsiyalanish kuzatiladi. Tog' oldi zonalarida kuchli ko'chkilar yuzaga keladi;

12-yer relefining o'zgarishi. Barcha yer usti va osti inshootlari to'liq shikastlanadi. Yoriqlar paydo bo'lib relef butkul o'zgaradi. yerdan issiq suv chiqadi va ko'llar hosil bo'ladi.

Yuqorida qayd qilganimizdek, yer sharida har yili 1000000 tacha zilzila bo'lib turadi, shundan 3 tasi 10 balli, 11 tasi 9 balli, 80 tasi 8 balli, 400 tasi 7 balli, faqat O'rta Osiyoda 10 yil ichida 5000 marta yer qimirlagani qayd qilingan. Rixter va B. Guttenberglar yer qimirlash vaqtidagi energiyani aniqlash borasida ilmiy ishlar qildilar (100 km masofagacha ta'sir o'rganilgan).

Rixter bo'yicha 0 dan 8, 8 - 9 ballgacha bo'ladi. 1966 yildagi Toshkent zilzilasi

bizning shkala bo'yicha 8 ball, Rixter bo'yicha - 5,3 ballga to'g'ri keladi.

Rixter shkalasi zilzila paytidagi energiyani aniqlashga imkon beradi. Bir magnituda bo'lganda energiya - 10^6 J ga teng bo'ladi. SHunga ko'ra, Toshkent zilzilasi ajratgan energiyasi $3 \cdot 10^{13}$ J yoki 10 mln kvk - soatga tengdir.

Zilzila oqibatlari

Tabiatning dahshatli hodisalari ta'sirida faqat yer qatlamlarining yotish holatlarigina o'zgaribgina qolmay, balki aholiga va ularning uy - joylariga, shaharlarga moddiy zarar etadi. Tarixda eng kuchli zilzila Suriya, Falastin, Hindiston, Kichik Osiyo, Xitoy, Yaponiya va O'rta Osiyoda bo'lgan. Qirimda 1923-yildan 1928-yilgacha 25 marotaba kuchli zilzila bo'lgan. Bu tektonik harakatlar sababli Qrim tog'larining ko'tarilishi va Qora dengizning cho'kishi natijasida ro'y bergan.

O'rta Osiyodagi zilzilalar haqida qadimgi tarixshunoslarning, hind va arab sayyohlarining qo'lyozmalarida, Abu Ali ibn Sino va boshqalarning asarlarida uchraydi. Zahiriddin Muhammad Bobur (XVI asr boshida) Qandahor (Afg'oniston) shahridagi yer qimirlashni tasvirlaydi: uylar tekis bo'lgan, o'lganlar ko'p, yer yorilgan, ayrim joylarda ko'tarilgan va pasaygan, tog'lar boshidan to'fon ko'tarilgan, bir kunda 33 marta zilzila bo'lgani va u bir yilcha davom etganini ko'rsatib o'tgan.

XIX asrning 2 - yarmida Toshkentda yashagan Muhammad Solih tojik - fors tilida yozgan «Tarixi jadidiy Toshkent («Toshkentning yangi tarixi») asarida 1866 yil 26 apreldan 27 aprelga o'tar kechasi sodir bo'lgan zilzilani ta'riflagan.

Pireney yarim orolidagi Portugaliya poytaxti Lissabonda 1755 yil 1 noyabrda eng kuchli zilzila (11 - 12 ball) bo'lgan. Sohil bo'yi 200 metr cho'kkan. Zilzila zarbasidan dengizdan baland to'lqin ko'tarilib, uning kuchi $7 \cdot 10^{22}$ yerga etgan. 60000 kishi halok bo'lgan.

Zilzilaning kelib chiqish sabablarini aniqlash asosan ilmiy tadqiqot institutlarida olib boriladi. Hozirgi vaqtda MDH da 25 dan ortiq maxsus seysmik stansiyalar (Moskva, Tbilisi, Toshkent, Dushanbe, Samarqand va boshqa shaharlarda) bo'lib, ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Stansiyalar akademik Golisin B.B. (1906) va olimlardan Nikoforov P.M., Xarin D.A. va boshqalar ixtiro qilgan asboblardan ta'minlangan.

Zilzila intensivligi - Zilzila kuchining yer tashqi yuzasiga ta'siri (tuproqning o'zgarishi, tog' jins bo'laklari, binolarning ishqalanganlik darajasi, yer yuzasida yoriqlarning vujudga kelishi va hokazolar) tushuniladi.

Hozirgi vaqtda MDH mamlakatlarida zilzila intensivligi «MSK - 64» shkalasi (Medvedev S.V. (Rossiya), Shponxoer V. (Germaniya), Karnik V. (sobiq Chexoslovakiya)) bilan aniqlanadi.

Magnituda zilzila intensivligidan farq qiladi. Masalan: Toshkent zilzilasi 1966 yil 8 ball bo'lgan magnituda - 5,3; Ashxobod - 1948yil - 10 ball magnituda - 7,3 ball.

Zilzila to'lqini aks ettirilgan egri chiziqli chizma seysmogramma deyiladi.

3 xil seysmik to'liqlar mavjud:

- bo'ylama (tezligi 3, 5 - 6, 5 km/sek) yer massasining hajmini siqilishi (deformatsiya)dan kelib chiqadi va qattiq, suyuq hamda gaz holdagi moddalardan o'tadi;

- ko'ndalang (tezligi 4, 5 km/sek) yer qatlamlari shaklining o'zgarishi siqilishidan harakatlanib bo'lgan to'liq suyuq va gaz holatidagi moddalardan o'tmaydi;

- yuza to'liq (tezligi 3 - 3, 5 km/sek) ustki po'stda harakatlanib tez so'nadi. Bu to'liqlar seysmograf fotoqog'ozida o'z aksini topadi.

O'rta Osiyodagi seysmik stansiyalarda Golisin seysmografi 1929 yilda o'rnatilgan edi. U 1929 yildayoq 600 ta, 1940 yilgacha 6000 dan ortiq zilzilani qayd etgan. Keyingi yillarda yanada takomillashgan seysmograf yordamida yiliga 1000 dan ortiq zilzila hisobga olinmoqda.

O'zbekiston FA qoshida 1967 yilda tashkil etilgan Seysmologiya instituti zilzilani bashorat qilish borasida katta ishlarni olib bormoqda (radon usuli yordamida). So'nggi yillarda rus seysmologi Keylis V.I. va boshqalar zilzila to'liqini, uning o'chog'idagi zarbani aniqlash usulini ishlab chiqdilar.

Seysmik rayonlashtirish va zilzilani oldindan aytish

Seysmik rayonlashtirish katta mehnatni talab qiladigan, mas'uliyatli ishdir.

Unda quyidagilar inobatga olinishi kerak:

- zilzilaning yer po'stining ichki tuzilishi bilan aloqasi;

- geofizik maydonlar, neotektonika, rayonning geomorfologik va geologik xususiyatlari:

- tog' jinslari turlari, tarkibi va mustahkamligi;

- yoriqlarning bo'lishi qatlamlar holatini buzilganligi;

- joy grunti, yer osti suvlarining sathi va hokazolar hisobga olinadi.

Yuqoridagilar yagona - o'rganilayotgan rayonda qachon (maksimal) yuqori kuchli zilzila ro'y beradi degan savolga javob bera oladigan bo'lishi kerak.

Zilzilani oldindan bashorat qilish - seysmologlarning hozirgi dolzarb vazifalari bo'lib hisoblanadi. Seysmik rayonlashtirish kartalarida yer qimirlash bo'ladigan joylar va zilzila kuchi haqida ma'lumot beriladi.

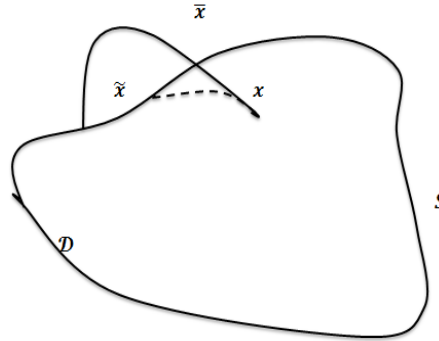
Bashorat qilish: uzoq muddatli, qisqa muddatli va tezkor bo'lishi mumkin.

Chegaraviy nurlar, to'liqlar. To'liq suvlar va chegaraviy nurlarning bo'lmasligining etarli sharti. Nurlarning regularligi

x^0 nuqta D sohaning ichki nuqtasi bo'lgan holni qaraylik, yuqorida ko'rsatilganidek, x^0 nuqtaning shunday atrofni topish mumkinki, bu atrofdagi \forall nuqtani x^0 nuqta bilan bu atrofda yotgan yagona nur orqali birlashtirish mumkin. x^0 nuqta D sohaning chegaraviy nuqtasi bo'lganda holat o'zgaradi.

Bu holda x^0 nuqtaga har qancha yaqin bo'lgan $x \in \bar{D}$ nuqta qandaydir v^0 ning echimi bo'lgan egri chiziq bilan birlashtirib bo'lmaydi.

Aytilganda quyidagi misolni keltiramiz, $n(x)$ funksiya barcha X fazoda aniqlangan bo'lsin. $\forall x^0$ nuqtani olib, uning shunday atrofini quramizki, bu atrofda $\forall x^0$ bilan yagona nur birlashtirsin. Bu atrofdan fiksirlangan x nuqtani olamiz va shunday D sohani quramizki, uning chegarasi S, x^0 nuqtadan o'tib, $\Gamma(x, x^0)$ nurni hech bo'lmasa 1ta \bar{x} nuqta kesadi va o'z ichiga x nuqtani oladi (1-rasmga qarang).



1-rasm

Bu holda x, x^0 nuqtalarni birlashtiruvchi yagona bitta nur D sohaga tegishli, va undan, agar D fazo emas soha sifatida qarasaq, x, x^0 nuqta jufligining echimi bo'lgan nur bilan birlashtirib bo'lmaydi. Bunda shunday egri chiziq mavjudki, unda $\tau(L), L \subset \bar{D}$ yuqorida kiritilgan funksional minimumga yerishadi, bu egri chiziqni ham nur deb atash mumkin. Xususan, agar D soha silliq va uning chegarasining bir qismi x^0, \bar{x} nuqtalar orasida bo'lib, shunday o'tkazilganki, x^0 nuqtani bu chegara nuqtalari bilan tutashtiruvchi nurlar D ga yotmaydi, u holda x^0 nuqta x bilan tutashtiruvchi nur S chegaraning x^0 va qandaydir \tilde{x} nuqtalar orasidagi qismi va $\Gamma(\tilde{x}, x)$ nurdan iborat bo'ladi.

\tilde{x} nuqtada $\Gamma(\tilde{x}, x)$ nur S chegaraga urinadi. Agar $x \in S$ bo'lsa, u holda $x = \bar{x} = \tilde{x}$ va $\Gamma(x, x^0)$ nur to'liqligicha S ga tegishli. Bunday nurlar chegaraviy nuqtalar deyiladi. Chegaraviy nuqtalarni topish uchun, $\tau(L)$ funksionalga asosan Eyer differensial tenglamalar sistemasini yozib olish mumkin. Buning uchun $L \subset S'$ egri chiziqlarni qarash kifoya. Kichik tebranish tarqalishi bilan bog'liq fizikaviy jarayonlarda, masalan elastik yoki tovush to'lqinlarida tebranishlarning to'lqinsimon tarqalish hodisasi uchrashi mumkin. Bu nurlarning maxsus harakati bilan bog'liq.

Misol keltiramiz: x_1, x_2, x_3 fazoning $x_3 \geq 0$ yarim fazosini qaraylik, va bunda kichik tebranishlar yarim fazoda tarqalish tezligi faqat x_3 koordinataga bog'liq. Bu holda p vektorning p_1 va p_2 koordinatalari nur bo'ylab o'zgarmas bo'lib qoladi.

p vektor urinmaning birlik vektoriga kolleniar bo'lgani uchun, x, x^0 nuqtalarni birlashtiruvchi $\Gamma(x, x^0)$ nur silliq bo'ladi. U x_3 o'qiga parallel bo'lgan x, x^0 nuqtalardan o'tuvchi tekislikka tegishli. O'q simmetriyasiga asosan barcha tekisliklarda nurlar tasviri 1 xil bo'ladi: x^0 dan o'tuvchi x_3 o'qqa parallel, shuning

uchun x^0 nuqta x_3 o'qqa tegishli deb olamiz, ya'ni $x^0 = (0, 0, x_3^0)$, x nuqta esa x_1, x_3 tekislikka tegishli va $x_1 > 0$. Bu holda $\Gamma(x, x^0)$ nur bo'ylab $x_2 = 0$ va $p_2 \equiv 0$. Qulaylik uchun $x_1 = r, x_3 = z, p_1 = p, p_3 = q$ belgilash kiritamiz. Asosiy tenglamalar sistemasi quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dr}{dt} = \frac{p}{n^2(z)} \frac{dp}{dt} = 0 \\ \frac{dz}{dt} = \frac{q}{n^2(z)} \frac{dp}{dt} = \frac{n'(z)}{n(z)} \end{aligned} \right\}$$

α orqali $\Gamma(x, x^0)$ nurga x nuqtada o'tkazilgan v urinma va z o'qi orasidagi burchakni belgilaymiz. Bu holda nur bo'ylab quyidagi o'rinli bo'lishi kelib chiqadi:

$$p = n(z) \sin \alpha = \text{const.}$$

Bu tenglamalar sistemasining 1-integrali. Nur bo'ylab

$$p^2 + q^2 = n^2(z)$$

munosabat bajarilishidan quyidagini topamiz:

$$q = \pm \sqrt{n^2(z) - p^2}.$$

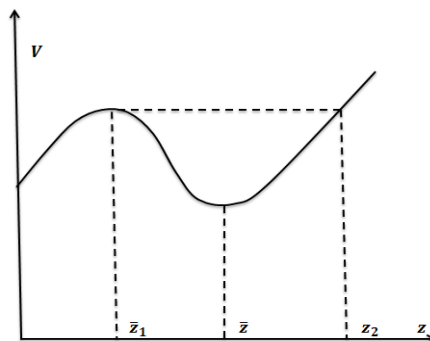
Ushbu formulada agar α - o'tkir burchak bo'lsa (+) ishorasini, α - o'tmas burchak bo'lsa (-) olishi kerak. Agar nurdagi nuqta r koordinatasini z ning funksiyasi deb olsak, $\Gamma(x, x^0)$ nurning oshkor tenglamasini yozish mumkin:

$$\frac{dr}{dz} = \frac{p}{q} = \frac{p}{\pm \sqrt{n^2(z) - p^2}}$$

Bundan x^0 nuqtadan $v^0 = (\sin \alpha^0, 0, \cos \alpha^0)$ yo'nalishda chiqarilgan nur uchun quyidagi tenglamani olamiz:

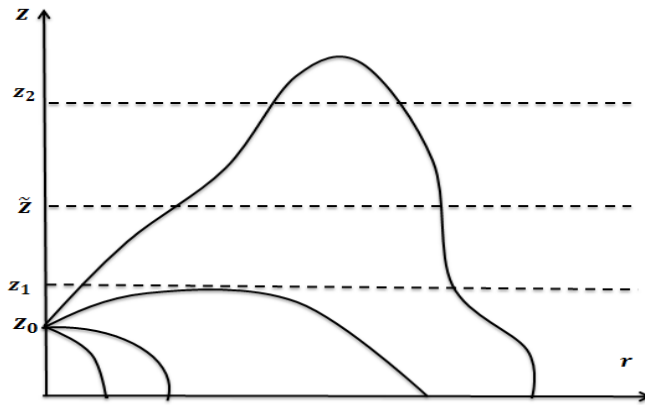
$$r = \pm \int_{z_0}^z \frac{pdz}{\sqrt{n^2(z) - p^2}}, p = n(z_0) \sin \alpha^0$$

bu yerda ishora tanlash qoidasi yuqoridagi kabi. Har qanday holda $r \geq 0$ formula faqat x^0 nuqta atrofida o'rinli, chunki r bir qiymatli bo'lishi shart bo'lmagan z ning funksiyasi. U $p \neq n(z)$ bo'ladigan nurning x nuqtalari uchun o'rinli, undan tashqari $n(x)$ ga bo'g'liq ravishda nurlarning holatini tahlil qilish mumkin.

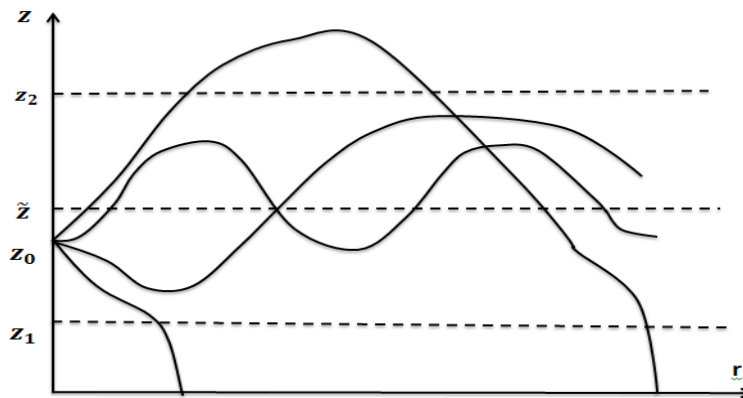


2-rasm.

Endi z ning yarim fazosida tezlikka bog'liq signallarning tarqalish tezligini qarab chiqamiz $V(z)$ – z ning 2marta uzluksiz differensiallanuvchi funksiyasi va uning grafigi 2–rasm kabi, $[0, z_1]$ da $V(z)$ funksiya monoton o'suvchi, $[z_1, \bar{z}]$ da kamayadi va $[\bar{z}, \infty)$ da yana monoton o'sadi, z_2 dagi qiymati esa $V(z_1)$ bilan ustma–ust tushadi. SHunday qilib, $[z_1, z_2]$ soha giofizikada qabul qilinganidek kamaysa tezlik sohasi bo'ladi. Bu holda nurlarning harakati x^0 nuqtaning joylashishiga bog'liq bo'ladi (2-4 rasmlar).



3-rasm



4-rasm

$z_0 \in [0, z_1)$ holda har bir $\Gamma(x, x^0)$ nurda qandaydir nuqta $z = 0$ chegaraga chiqadi. $\alpha^0 > 0$ shartni qanoatlantiruvchi nurlar $z = \zeta$ koordinatali qandaydir nuqtaga yerishadi, bunda $n(\zeta) = n(z_0) \sin \alpha^0$ bu nuqtadan aylanib, $z = 0$ tekislikka chiqadi. Ixtiyoriy $\zeta \in [z_0, z_1) \cup (z_2, \infty)$ uchun $z = \zeta$ da burilish nuqtasiga ega nurni ko'rsatish qiyin emas.

Bunday nur parametri $p = n(\zeta)$ bo'lgan nur bo'ladi, boshqa tomondan $p = n(z_0) \sin \alpha^0$ bilan ifodalanadi.

Demak,

$$\alpha^0 = \arcsin \frac{n(\zeta)}{n(z_0)}$$

tenglikdan, x^0 dan chiquvchi va (z_1, z_2) qatlamda aylanuvchi nurlar bo'lishi mumkin emasligini ko'rish qiyin emas. $z_0 \in (z_1, z_2)$ holda sohaning chegarasiga

chiquvchi nurlar bilan, birga $z_1 < z < z_2$ qatlamda to'lig'icha joylashgan nurlar mavjud. Ular x^0 nuqtadan

$$\arcsin \frac{n(z_1)}{n(z_0)} < \alpha^0 < \pi - \arcsin \frac{n(z_1)}{n(z_0)}$$

bursak, ostida chiquvchi barcha mumkin bo'lgan nurlardir.

Bu nurlar $z = \bar{z}$ o'qi atrofida tebranib sinusoidaga o'xshash harakat qiladi. Nurlar bo'ylab tebranishlar energiyasi uzatilishi ma'lum. (z_1, z_2) qatlamda $\frac{\pi}{2}$ ga yaqin α^0 chiqish burchagiga ega barcha nurlar uning chegarasidan chiqmay tarqaladilar. SHu bilan (z_1, z_2) qatlam bo'ylab tebranishlar manbadan uzoqlashib sust o'chadi. Bundan fizikaviy hodisalar tebranishlar tarqalishining to'lqinsimon hodisalari deb atalgan qiziq hollar ma'lum. Bu effekt hisobidan okeanda oddiy nutq gapiruvchidan 100 kilometrlargacha eshitilganda (z_1, z_2) qatlam to'lqinsimon, $z = \bar{z}$ to'g'ri chiziq esa—to'lqin o'qi deyiladi. Tebranishlarning to'lqinsimon tarqalishi ancha murakkab sohalarda sodir bo'lishi mumkin. Bunda sohaning chegarasida chiqmaydigan nurlarning mavjudligi zaruriy element bo'ladi. Nurlarning chegaraviy tarqalish hodisasi va tebranishlarning to'lqinsimon tarqalish hodisasi teskari kinematik masalani tadqiq etishni murakkablashtiradi. Misollar ko'rsatadiki, bu holda teskari kinematik masalaning bir qiymatli echimi yo'q (bu holga javob beruvchi berilganlarda x^0 nuqta sohaning chegarasiga yotganda). Bu holatdagi masala faqat tezlik bitta o'zgaruvchiga bog'liq bo'lgan holda echilgan. Ko'p o'lchovli teskari kinematik masalaning tadqiqoti chegaraviy nurlar va to'lqinsimon mavjud bo'lmagan muhitlar uchun olib borilgan. Bu holda \mathcal{D} sohaning x, x^0 nuqtalar $\Gamma(x, x^0)$ nur bilan birlashtirish mumkin (yagona bo'lmasligi mumkin), bundan tashqari ixtiyoriy $\Gamma(x, x^0)$ nur uni davom ettirishda \mathcal{D} sohaning chegarasi kesishadi. Nurlarning bu harakatining etarli shartini olamiz. \mathcal{D} sohaning S chegarasini nurlarning oilasiga nisbatan qavariq deymiz, agar:

- 1) $\forall x, x^0 \in \mathcal{D}$ nuqtani nur bilan birlashtirib bo'lsa;
- 2) S ning 2ta turli nuqtani tutashtiruvchi har qanday nur hech qaerda S bilan urinmaydi.

S chegarali \mathcal{D} bir bog'lamli sohani qaraymiz (chegaralangan bo'lishi shart emas) va $F(x) - 2$ marta uzluksiz differensiallanuvchi funksiya, $\xi \in \mathcal{D}$ ichki nuqta quyidagi xossalarga ega bo'lishi mumkin:

- 1) $F(x) < 0, x \in \mathcal{D}, F(x) = 0, x \in S;$
- 2) $|\nabla F(x)| \neq 0, x \in \bar{\mathcal{D}}, x \neq \xi;$
- 3) Ixtiyoriy $\bar{x} \in \bar{\mathcal{D}}, \bar{x} \neq \xi, F(x) = F(\bar{x})$ sirt bir bo'g'lamli chegaralangan soha.

2), 3) shart va oshkormas funksiyalar haqidagi teoremdan $C \leq 0$ uchun $F(x) = C$ sirtlar oilasi regulyar, ya'ni har bir

$$F(x) = C_1$$

sirt $F(x) = C_2$ sirt ichida bo'ladi, agar $C_2 > C_1$ bo'lsa, soha markazi koordinata boshida bo'lgan birlik shar bo'lganda $F(x)$ funksiya sirtida

$$F(x) = |x|^2 - 1$$

$(\xi = 0)$ ni olish mumkin. $x_3 \geq 0$ yarim fazo holida bu maqsadlarda $F(x) = -x_3$ funksiya bo'ladi.

Chegaraviy shartlar va to'liqsimonlarning mavjud bo'lmashligining etarli sharti bo'lib, har bir $F(x) = C$ sirtning nurlar oilasiga nisbatan qavariqlik sharti hisoblanadi. Buning uchun $F(x) = C$ sirtga urinuvchi nurlar boshqa barcha nuqtalari bilan birga $F(x) > C, C < 0$ sohaga tegishli bo'lsin. $\varphi = F(x)$ belgilash kiritamiz. $x^0 \in \mathcal{D}, x^0 \neq \xi$ ixtiyoriy nuqta va shu nuqtadan v^0 burchak ostida chiquvchi nurni qaraymiz, bunda $v^0 \cdot \nabla F(x^0) = 0$ tenglikdan φ funksiya t argument bo'yicha hosilani hisoblash mumkin.

Xususan,

$$\begin{aligned} \varphi_t &= \nabla F \cdot x_t = \nabla F \cdot v \frac{1}{n(x)}, \\ \varphi_{tt} &= \sum_{i,j=1}^3 \frac{\partial^2 F}{\partial x_i \partial x_j} (x_i)(x_j)_t + \sum_{i=1}^3 \frac{\partial F}{\partial x_i} (x_i)_{tt} = \frac{1}{n^2(x)} \sum_{i,j=1}^3 \frac{\partial^2 F}{\partial x_i \partial x_j} v_i v_j + \\ &\quad \frac{1}{n^2(x)} \sum_{i=1}^3 \frac{\partial F}{\partial x_i} \left[\frac{\partial}{\partial x} \ln n - \frac{2}{n} p(\nabla n \cdot x_t) \right]. \end{aligned}$$

Bundan $\varphi_t|_{x=x^0} = 0$ ni topamiz. $x \neq x^0$ da $\Gamma(x, x^0)$ nur $F(x) > F(x^0)$ sohaga tegishli bo'lishi uchun $\varphi_{tt} > 0$ bo'lishi etarli shart bo'ladi. Bu shart

$$\sum_{i,j=1}^3 \frac{\partial^2 F}{\partial x_i \partial x_j} \cdot v_i v_j + \nabla F \cdot \nabla \ln n(x) > 0, \forall v: v \cdot \nabla F = 0$$

bo'lsa bajariladi. x^0 atrofida $\varphi = F(x)$ qiymat nur bo'ylab o'sadi, demak, nur $F(x) > F(x^0)$ sohaga tegishli. Agar $\Gamma(x, x^0)$ nurni davom ettirganda $F(x) = F(x^0)$ sirtga qaytish mumkin bo'lsa, u vaqtda bu davom ettirishdan qandaydir \bar{x} nuqtada φ nur local maksimumga yerishadi.

U vaqtda bu nuqtada $\varphi_t = 0, \varphi_{tt} < 0$. Bu asosiy tenglikka zid. Olingan ziddiyatga asosan x^0 nuqta chiquvchi har qanday nur $F(x) = F(x^0)$ sirtga urinish yo'nalishda boshqa unga qaytib kelmaydi. Chegaralangan soha holida $\Gamma(x, x^0)$ nur davom ettirganda \mathcal{D} sohaning chegarasiga chiqish uchun etarli shart ham bo'ladi. Cheksiz soha holida qo'shimcha shartlarning bajarilishini talab etish zarur:

$$\sum_{i,j=1}^3 \frac{\partial^2 F}{\partial x_i \partial x_j} v_i v_j + \nabla F \cdot \nabla \ln n(x) \geq \beta, \forall v: v \cdot \nabla F = 0,$$

bunda β qandaydir doimiy shartning tekis bajarilishi bu holda qandaydir $F(x) = \text{const}$ sirtga asimtotik yaqinlashuvchi nurlarning mavjud bo'lmashligini kafolatlashi zarur. Birlik shar uchun $F(x) = |x|^2 - 1$ funksiyadan foydalanib yozilganda quyidagi shartga olib keladi:

$$x \cdot \nabla \ln n(x) + 1 > 0$$

yoki r, θ, φ sferik koordinatalar sistemasida:

$$\frac{\partial}{\partial r} [r n(x)] > 0$$

$x_3 \geq 0$ yarim fazo uchun quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$-\frac{\partial}{\partial x_3} \ln n(x) \geq \beta > 0.$$

Oxirida keltirilgan shartlar chegaraviy nurlar va to'liqsimonlikning mavjud bo'lmashligini ta'minlaydi, ammo ular bajarilganda \mathcal{D} sohaning x, x^0 nuqtalari va eyler tenglamalar sistemasining echimi bo'lgan nurlar orasida bir qiymatli moslik bo'lmaydi. Agar nurlar va \mathcal{D} soha nuqtalar jufti orasida bir qiymatli moslik bo'lsa, nurlar oilasini \mathcal{D} ga regulyar deb ataladi. Tizim bo'yicha bir qator ilmiy izlanishlar olib borilgan [1-39].

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Avezov A.X. Matematikani o'qitishda interfaol metodlar: «Keys-stadi» metodi // Science and Education, scientific journal, 2:12 (2021), 462-470 b.
2. Avezov A.X. Funksiyaning to'la o'zgarishini hisoblashga doir misollar yechish yo'llari haqida // Science and Education, scientific journal, 2:12 (2021), 50-61 b.
3. Avezov A.X. «Kompleks sonlar» mavzusini o'qitishda «Bumerang» texnologiyasi // Science and Education, scientific journal, 2:12 (2021), 430-440 b.
4. Avezov A.X. Funksiya hosilasi mavzusini o'qitishda «Kichik guruhlarda ishlash» metodi // Science and Education, scientific journal, 2:12 (2021), 441-450 b.
5. Avezov A.X. Ta'limning turli bosqichlarida innovatsion texnologiyalardan foydalanish samaradorligini oshirish // Science and Education, scientific journal, 2:11 (2021), c. 789-797.
6. Avezov A.X. Oliy matematika fanini o'qitishda tabaqalash texnologiyasidan foydalanish imkoniyatlari // Science and Education, scientific journal, 2:11 (2021), c. 778-788.
7. Avezov A.X. Умумтаълим мактаблардаги математика дарсларида ахборот технологияларини ривожлантириш тамойиллари // Science and Education, scientific journal 2:11 (2021), 749-758 б.
8. Avezov A.X. Matematika o'qitishning tatbiqiy metodlari // Pedagogik mahorat, 2021, Maxsus son. 52-57 b.

9. Аvezов А.Х. Некоторые численные результаты исследования трехмерных турбулентных струй реагирующих газов // Вестник науки и образования, 95:17-2 (2020), с. 6-10.
10. Avezov A.X., Rakhmatova N. Euler integrallarining tatbiqlari // Scientific progress, 2:1 (2021), 1397-1406 b.
11. Avezov A.X. Interfaol usullarni qo'llab funksiyaning differensial va uning taqribiy hisoblashga doir misollar yechish // Science and Education, scientific journal, 2:12 (2021), 451-461 b.
12. Аvezов А.Х. Выбор математической модели и исследование трехмерных турбулентных струй // Молодой ученый, 15, (2017). с.101-102.
13. Аvezов А.Х Неравенства и системы неравенств с двумя переменными // Сборник материалов Международной научно-практической конференции, 2019 г. г.Кемерово ст.9-11, Западно-Сибирский научный центр
14. Аvezов А.Х. Численное моделирование трехмерных турбулентных струй реагирующих газов, вытекающих из сопла прямоугольной формы на основе «к-ε» модели турбулентности // Ученый XXI века, 5-3(40), 2018 г.
15. Avezov A.X. Gramm determinanti haqida ba'zi bir mulohazalar // Science and Education, scientific journal, 2:12 (2021), 11-22 b.
16. Avezov A.X. Sferik funksiyalarning amaliy ahamiyati haqida // Science and Education, scientific journal, 2:12 (2021), 23-34 b.
17. Avezov A.X. О тригонометрических рядах Фурье // Science and Education, scientific journal, 2:12 (2021), с. 35-49.
18. Rasulov H. Boundary value problem for a quasilinear elliptic equation with two perpendicular line of degeneration // Центр научных публикаций (buxdu. uz) 5:5 (2021).
19. Расулов Х.Р. Об одной нелокальной задаче для уравнения гиперболического типа // XXX Крымская Осенняя Математическая Школа-симпозиум по спектральным и эволюционным задачам. Сборник материалов международной конференции КРОМШ-2019, с. 197-199.
20. Rasulov, X. (2022). Краевые задачи для квазилинейных уравнений смешанного типа с двумя линиями вырождения. Центр научных публикаций (buxdu.Uz), 8(8).
21. Шукурова М.Ф., Раупова М.Х. Каср тартибли интегралларни ҳисоблашга доир методик тавсиялар // Science and Education, scientific journal, 3:3 (2022), p.65-76.
22. Расулов Х.Р., Раупова М.Х. Роль математики в биологических науках // Проблемы педагогики, № 53:2 (2021), с. 7-10.
23. Расулов Х.Р., Раупова М.Х. Математические модели и законы в биологии // Scientific progress, 2:2 (2021), p.870-879.

24. Расулов Х.Р. О некоторых символах математического анализа // Science and Education, scientific journal, 2:11 (2021), p.66-77.
25. Расулов Х.Р. О понятие асимптотического разложения и ее некоторые применения // Science and Education, scientific journal, 2:11 (2021), pp.77-88.
26. Xaydar R. Rasulov. On the solvability of a boundary value problem for a quasilinear equation of mixed type with two degeneration lines // Journal of Physics: Conference Series 2070 012002 (2021), pp.1-11.
27. Салохитдинов М.С., Расулов Х.Р. (1996). Задача Коши для одного квазилинейного вырождающегося уравнения гиперболического типа // ДАН Республики Узбекистан, №4, с.3-7.
28. Rasulov X.R. (2018). On a continuous time F - quadratic dynamical system // Uzbek Mathematical Journal, №4, pp.126-131.
29. Rasulov X.R. (2020). Boundary value problem for a quasilinear elliptic equation with two perpendicular line of degeneration // Uzbek Mathematical Journal, №3, pp.117-125.
30. Расулов Х.Р. (1996). Задача Дирихле для квазилинейного уравнения эллиптического типа с двумя линиями вырождения // ДАН Республики Узбекистан, №12, с.12-16.
31. Расулов Х.Р. Аналог задачи Трикоми для квазилинейного уравнения смешанного типа с двумя линиями вырождения // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки, 2022. Т. 26, № 4.
32. Бозорова Д.Ш., Раупова М.Х. О функции Грина вырождающегося уравнения эллиптического типа // Science and Education, scientific journal, 3:3 (2022), с.14-22.
33. Жамолов Б.Ж., Раупова М.Х. О функции Римана вырождающегося уравнения гиперболического типа // Science and Education, scientific journal, 3:3 (2022), с.23-30.
34. Rasulov H. KD problem for a quasilinear equation of an elliptic type with two lines of degeneration // Journal of Global Research in Mathematical Archives. 6:10 (2019), p.35-38.
35. Rasulov, R. X. R. (2021). Boundary value problem in a domain with deviation from the characteristics for one nonlinear equation of a mixed type. Центр научных публикаций (buxdu.Uz), 7(7).
36. Rasulov X.R. Qualitative analysis of strictly non-Volterra quadratic dynamical systems with continuous time // Communications in Mathematics, 30 (2022), no. 1, pp. 239-250.
37. Rasulov, X. (2022). Краевые задачи для квазилинейных уравнений смешанного типа с двумя линиями вырождения. Центр научных публикаций (buxdu.Uz), 8(8).

38. Rasulov, X. (2022). Об одной краевой задаче для нелинейного уравнения эллиптического типа с двумя линиями вырождения. Центр научных публикаций (buxdu.Uz), 18(18).

39. Rasulov, X. (2022). О динамике одной квадратичной динамической системы с непрерывным временем. Центр научных публикаций (buxdu.Uz), 18(18).