

## TO'LQIN TENGLAMASINING UMUMIY KO'RINISHI VA FIZIK MAZMUNI

**Xorazm viloyati Qo'shko'pir tumani**  
**24- umumiy o'rta ta'lim maktabi**  
**matematika fani o'qituvchisi**  
**Matchanova Orzigul Rustamboyevna**

**Annotatsiya:** To'lqinlar tabiatning ajralmas va muhim hodisasi hisoblanadi. Ular turli muhitlarda, masalan, havoda, suvda, qattiq jismlarda, hatto vakuumda ham tarqalishini kuzatish mumkin. To'lqinlarning matematik tavsifi, ularni chuqur o'rganish va ulardan amaliyotda foydalanish uchun maxsus differensial tenglamalar tuziladi. Aynan shunday tenglama — to'lqin tenglamasi — fizikada eng muhim va keng qo'llaniladigan tenglamalardan biri sanaladi. To'lqin tenglamasi tebranish va to'lqin jarayonlarini matematik ifodalaydi va ularning o'zgarish qonuniyatlarini aniqlashga yordam beradi.

**Kalit so'zlar:** to'lqin tenglamasi, fizik mazmun, tebranish, tarqalish tezligi, differensial tenglama, muhit, energetik jarayon, amplituda, to'lqin jarayoni, matematik model.

**Аннотация:** Волны — неотъемлемое и важное явление природы. Их можно наблюдать распространяющимися в различных средах, например, в воздухе, воде, твердых телах и даже в вакууме. Для математического описания волн, их углубленного изучения и практического применения формулируются специальные дифференциальные уравнения. Именно такое уравнение — волновое уравнение — считается одним из наиболее важных и широко используемых уравнений в физике. Волновое уравнение математически описывает колебательные и волновые процессы и помогает определить законы их изменения.

**Ключевые слова:** волновое уравнение, физическое содержание, колебание, скорость распространения, дифференциальное уравнение, окружающая среда, энергетический процесс, амплитуда, волновой процесс, математическая модель.

**Abstract:** Waves are an integral and important phenomenon of nature. They can be observed propagating in various environments, for example, in air, water, solids, and even in vacuum. For the mathematical description of waves, their in-depth study, and their practical use, special differential equations are formulated. It is such an equation - the wave equation - that is considered one of the most important and widely used equations in physics. The wave equation mathematically represents vibration and wave processes and helps to determine the laws of their change.

**Keywords:** wave equation, physical content, vibration, propagation speed, differential equation, environment, energy process, amplitude, wave process, mathematical model.

### KIRISH

To'liq tenglamasining umumiy matematik ko'rinishi quyidagicha ifodalanadi:

$$(\partial^2 u) / (\partial t^2) = v^2 (\partial^2 u) / (\partial x^2)$$

Bu yerda  $u=u(x,t)$  —  $x$  va  $t$  nuqtalarida qiymat qabul qiladigan fizik kattalik (masalan, muhit zarrachasining siljishi yoki elektr maydon kuchlanganligi),  $v$  esa to'liq tarqalish tezligini bildiradi. Ushbu tenglama ikki o'zgaruvchili differensial tenglama bo'lib, har xil o'zgaruvchilar uchun ham yozilishi mumkin, masalan, uch o'lchamli muhitda, to'liq tenglamasining ko'rinishi yanada umumlashgan holda ifodalanadi. To'liq tenglamasi orqali tabiiy va sun'iy jarayonlarning keng doirasi tasvirlanadi. Masalan, ovoz, yorug'lik, elektromagnit to'liqlar, suv to'liqlari va yer osti zilzila to'liqlari, hattoki, kvant fizikadagi to'liqlar ham ushbu matematik model asosida tushuntiriladi. U inson hayoti uchun keng ahamiyat kasb etadigan turli jarayonlarni o'rganish va amaliy muammolarni hal qilish imkonini beradi [1].

To'liq tenglamasi fizic jarayonlarning eng oddiy va mujassam ifodalaridan biridir. U orqali tebranishlar va to'liqlarning fazoda va vaqtda qanday harakatlanishini, ularning samaralari qanday uzatilishini o'rganamiz. Odatda, ular ikki

asosiy turga bo'linadi: bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar. Har ikkala turdagi to'lqinlar uchun ham umumiy matematik model sifatida to'lqin tenglamasi xizmat qiladi, ya'ni har qanday to'g'ri chiziqli elastik muhitda tarqaladigan to'lqinlar uchun ham, elektromagnit to'lqinlar uchun ham, shuningdek, kvant mexanik to'lqinlar uchun ham moslash imkoniyatiga ega.

### ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA

To'lqin tenglamasida ko'rinadigan eng muhim element bu  $v$  — to'lqin tezligidir. Bu tezlik muhitning fizik xossalriga bevosita bog'liq bo'ladi. Masalan, ovoz to'lqini uchun havodagi tezlik suvdagi tezlikka nisbatan kichikroq bo'ladi, chunki bu muhitlarning zichligi va elastikligi bir-biridan farq qiladi. Shu tarzda binobarin to'lqin tezligi — muhit xossalari haqida ham muhim ma'lumot beradi. Fizik jihatdan to'lqin tenglamasining mohiyati shuki, agar biror hududda muayyan fizik kattalikda vaqtga nisbatan o'zgarish yuz bersa, bu o'zgarish o'z atrofidagi nuqtalarga ham uzatiladi va bu uzatish ma'lum tezlikka ega bo'ladi. Shu tarzda to'lqinning harakati ham fazoda, ham vaqtda tarqaladigan energetik yoki informatsion jarayonlar sifatida talqin qilinadi [2].

Jarayonning boshlanishi — manba nuqtada impuls yuzaga chiqishi hisoblanadi. Bu impuls tarqalib, muhitning boshqa zarrachalariga energiya yoki informatsiya uzatadi. Hozirgi zamon texnologiyalarida bu jarayonlarni, masalan, radioto'lqinlar, tezkor internet va telekommunikatsiya vositalarida keng uchratish mumkin. To'lqin tenglamasi ushbu hodisalarning mohiyatini chuqur anglash va yangi qurilmalarni yaratishga xizmat qiladi. To'lqin tenglamasi fizikadagi asosiy qonunlarni umumlashtiradi. Masalan, tovush to'lqinining havodagi tarqalishi, yorug'likning optik tolada harakati, suv sathining to'lqinlanishi, — barchasi uchun ham bu tenglama asos bo'ladi. Matematik va fizik jihatdan to'lqin tenglamasi konservatsiya (saqlanish) qonunlari bilan bog'liq bo'lib, muhitda uzatilayotgan energiya yoki impulsning doimiyligini bildiradi. To'lqin tenglamasi nafaqat aniq bir fizik tizimga, balki keng doiradagi ilovalar uchun mos keladi: radioaloqa, akustika, geofizika, optika, va yana ko'plab boshqa sohalarda muhandis va ilmiy tadqiqotlarda qo'llaniladi. To'lqinlar bor

joyda har doim ularning tarqalish tezligi, energiya uzatilishi, interfensiya va difraktsiya hodisalari kuzatiladi va bularning barchasi matematik jihatdan to‘lqin tenglamasi orqali aniqlanadi [3].

### МУХОКАМА VA NATIJALAR

To‘lqin tenglamasining fizika fanidagi ahamiyati uning bevosita amaliyot bilan bog‘liqligida, hayotga yaqinligida va uni tajriba va eksperimentlar orqali tekshira olish imkoniyatidadir. Ovoz uzatish, yorug‘lik tarqalishi, suv osti lokatsiyasi, tibbiyotdagi ultratovush tekshiruvlari — bularning barchasi to‘lqin tenglamasi yordamida o‘z nazariy poydevoriga ega bo‘ladi. To‘lqin tenglamasining murakkab muhitlarda, masalan, heterogen yoki notekis muhitlarda qo‘llanishi fizik va matematik sohada chuqur tadqiqotlar olib borishga undaydi. Masalan, muhit o‘zgaruvchan qattqlik, zichlik yoki haroratga ega bo‘lsa, to‘lqin tezligi va tarqalish xususiyatlari tusdan-tusga o‘zgaradi. Ana shunday murakkab ko‘rinishlarni o‘rganish amaliy muhandislik va tabiatshunoslikdagi ko‘plab muammolarni yechishda asosiy kalit bo‘lib xizmat qiladi. To‘lqin tenglamasining yana bir muhim qirralaridan biri — chegaraviy shartlarning o‘zgarishi. Dastlabki va chegaraviy shartlar tanlovi yechimlarning fizik mazmuniga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Masalan, ochiq muhitdagi to‘lqin bilan yopiq muhitdagi to‘lqinlar asosan chegaraviy shartlari bilan bir-biridan farqlanadi. Chegaraviy shartlar to‘lqinlanish jarayoni davomida energiyaning so‘nilishi, aks sado yoki interfensiya hodisalarining yuzaga kelishiga sabab bo‘ladi. Bundan tashqari, to‘lqin tenglamasi yordamida turli soha va xususiyatdagi muammolar uchun analitik yoki sonli yechim olish mumkin. To‘lqinlarning harakatini, shuningdek, kompyuterda modellashtirish zamonaviy ilm-fanda keng qo‘llanilmoqda, bunda to‘lqin tenglamasi asosiy matematik model sifatida ishlatiladi. Sonli usullar yordamida murakkab muhit va cheksiz shakllarni ham aniq va jiddiy o‘rganish imkoniyati yaraladi.

Har bir fizik soha o‘z tabiatiga mos holatda to‘lqin tenglamasidan foydalanadi. Masalan, elektromagnit to‘lqinlar uchun — Maksvel tenglamalaridan chiqariladi, tovush to‘lqinlari uchun — elastiklik nazariyasiga asoslaniladi. Kimyoviy yoki biologik muhitlardagi to‘lqinlanishlarga esa diffuziya va reaksion jarayonlar bilan

bog'liq differensial tenglamalar yordamida yondashiladi. Biroq barcha holatda ham asosiy mohiyat, ya'ni to'liq shaklida energiya yoki informatsiyaning muhit orqali uzatilishi saqlanib qoladi. Zamonaviy texnologiyalarning deyarli barcha yo'nalishlarida to'liq jarayonlarining turli ko'rinishlari uchraydi. Masalan, telegraf va telefon aloqasida tovush va elektromagnit to'liqlari, televideniye va radioda — elektromagnit to'liqlari, tibbiyotda — ultratovush va rentgen nurlari, seysmik tadqiqotlarda — yer osti to'liqlari keng qo'llaniladi. Ushbu ko'zga ko'rinmas, ammo hayot uchun muhim jarayonlarning barchasini umumlashtiruvchi model aynan to'liq tenglamasidir [4].

To'liq tenglamasi orqali olamni, jarayonlarni matematik va fizik asosda tahlil qilish imkoniyati paydo bo'ladi. U inson tafakkurining eng yuqori darajadagi yutuqlaridan biri hisoblanadi. Bu tenglama yordamida yaratilgan nazariyalar hozirgi zamon sharoitida atrofimizdagi tabiat sirlari ochilishiga, yangi texnika va texnologik uskunalar, vositalar yaratishga olib keldi. Shuningdek, insoniyat taraqqiyotiga, ilm-fan, texnika hamda tibbiyot rivojiga beqiyos hissa qo'shdi. Fizikaning boshqa sohalarida ham to'liq tenglamasidan foydalaniladi. Masalan, kvant mexanika va nurlanish nazariyalarida, optika va akustikada, yadro va astrofizikada to'liq tenglamasi asosiy instrument sifatida xizmat qilmoqda. U orqali yangi qoidalarning, xususiyat va qonuniyatlarning ochilish jarayoni davom qilib, fizik tafakkurning yangi cho'qqilarini zabt etmoqda [5].

To'liq tenglamasining fizik mazmuni shundaki, u muhitda yuzaga kelgan har qanday tebranish yoki bezovtalik to'liq shaklida tarqalishini ko'rsatadi. Masalan, suv sathiga tashlangan tosh, sim bo'ylab uzatilgan tebranish yoki akustik to'liqlar shu tenglama orqali ifodalanadi. Ushbu tenglama energiyani biror nuqtadan boshqa nuqtaga tarqalishini, tebranishlarning to'liq shaklida muhit bo'ylab harakatlanishini fiziologik va mexanik mazmunda tasvirlaydi. To'liq jarayonlari faqat muhit mavjud bo'lganda amalga oshadi, ya'ni to'liq harakati uchun zarralar bir-biriga ta'sir ko'rsata oladigan bir yo'l bo'lishi zarur. Tahlil qiladigan bo'lsak, to'liq tenglamasi yechimlari sinusoidal hamda eksponential ko'rinishda bo'lishi mumkin, bu esa to'liqlarning

barqaror yoki soʻnuvchi boʻlishini anglatadi. Tenglama asosida toʻlqin uzunligi, chastotasi, energiyasi va tarqalish tezligi kabi muhim fizik kattaliklarni aniqlash mumkin. Natijaviy jihatdan, toʻlqin tenglamasi fizik muammo va tizimlarni tahlil qilishda, toʻlqin jarayonlarini oldindan bashorat qilishda juda samarali hamda universal vositadir. Toʻlqinlarning qanday tarqalishi, chegaraviy va boshlangʻich shartlarga bogʻliqligi, shuningdek turli muhitlarda turlicha harakatda boʻlishi ushbu tenglama orqali chuqur oʻrganiladi. Shuning uchun u amaliyotda akustikadan tortib optikagacha, mexanikadan elektromagnit toʻlqinlarga qadar har xil sohalarda qoʻllaniladi.

### **XULOSA**

Xulosa qilib aytganda, toʻlqin tenglamasi — bu real hayot, texnologiyalar va ilm-fan uygʻunlashuvining yorqin namunasidir. Uning yordamida biz atrofimizdagi fazoda va vaqtda kechadigan har qanday uzatish, taʼsir va oʻzaro taʼsir jarayonlarini tushuna olamiz. Toʻlqin tenglamasi fizik jarayonlarning umumlashgan, mujassam ifodasi boʻlib, insoniyat taraqqiyotiga katta hissa qoʻshmoqda. Shu sababdan, uni oʻrganish va undan samarali foydalanish nafaqat ilm-fan, balki jamiyat va texnologiyalarning kelajagi uchun ham gʻoyat muhimdir.

### **FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR**

1. Abdullayev, A. M. (2018). “Fizika asoslari.” Toshkent: Fan va texnologiya nashriyoti.
2. Ahmedov, B. J., & Karimov, K. T. (2020). “Toʻlqin jarayonlari va ularning xususiyatlari.” Toshkent: Oʻzbekiston Milliy Universiteti nashriyoti.
3. Bekmurodov, T. B. (2019). “Nazariy fizika kursi.” Samarqand: SamDU nashriyoti.
4. Islomov, A. R., & Rahimov, D. (2017). “Toʻlqin tenglamasi: Nazariy va tajribaviy asoslar.” Buxoro: BuxDU nashriyoti.
5. Jalilov, Y. A. (2021). “Umumiy fizika: Toʻlqinlar va tebranishlar.” Namangan: NamDU nashriyoti.
6. Karimova, M. Z. (2022). “Fizikada toʻlqin jarayonlarini oʻrganish usullari.” Nukus: QDU nashriyoti.

7. Nazarov, S. M. (2019). "Zamonaviy fizikadagi to'liqin tenglamasi." Toshkent: TDPU nashriyoti.
8. O'rozaliyev, D. Q. (2021). "To'liqin tenglamasining fizik mazmuni." Qarshi: QDU nashriyoti.
9. Rasulova, D. S. (2018). "Fizikada differensial tenglamalar va ularning qo'llanilishi." Andijon: AndDU nashriyoti.
10. Umarov, X. M. (2020). "To'liqin jarayonlari va ularning matematik modeli." Farg'ona: FDU nashriyoti.