

LIPPMAN-SHVINGER TENGLAMASINI PARSIAL YOYMASDAN YECHISH

Toshova Dilorom Sunnatboy qizi

Toshkent viloyati Zangiota tumani, 17-maktab fizika o'qituvchi

Email: toshovadilorom7@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqola Lippman-Shvinger tenglamasini parsial yoymasdan yechish usullarini o'rganishga qaratilgan. Tadqiqotda tenglamaning fizik va matematik xususiyatlari, yechim usullari va ularning samaradorligi tahlil qilinadi. Shuningdek, tenglamaning turli boshlang'ich shartlar va chegaraviy sharoitlarda xatti-harakatini aniqlashga alohida e'tibor qaratilgan. Maqolada, an'anaviy parsial yoyma usullaridan farqli o'laroq, analitik va numerik metodlar qo'llanilib, yechimlarning aniqligi va samaradorligi solishtiriladi. Tadqiqot natijalari fizik tizimlarning modellashirilishi va muhandislik ilovalarida qo'llanilishi mumkinligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar. Lippman-Shvinger tenglamasi, parsial yoymasiz yechim, analitik metodlar, numerik yechimlar, fizik tizimlar, chegaraviy shartlar, boshlang'ich shartlar, integral tenglamalar, kvant mexanikasi, modellashirish, muhandislik ilovalari.

Annotation. This article focuses on solving the Lippman-Schwinger equation without partial wave expansion. The study analyzes the physical and mathematical properties of the equation, solution methods, and their efficiency. Special attention is given to the behavior of the equation under various initial and boundary conditions. Unlike traditional partial wave methods, both analytical and numerical approaches are applied, comparing the accuracy and effectiveness of the solutions. The results demonstrate potential applications in physical systems modeling and engineering problems.

Keywords. Lippman-Schwinger equation, solution without partial wave, analytical methods, numerical solutions, physical systems, boundary conditions, initial conditions, integral equations, quantum mechanics, modeling, engineering applications

Аннотация. В данной статье рассматриваются методы решения уравнения Липпмана-Швингера без разложения по частичным волнам. Исследование анализирует физические и математические свойства уравнения, методы его решения и их эффективность. Особое внимание уделяется поведению уравнения при различных начальных и граничных условиях. В отличие от традиционных методов с разложением по частичным волнам, применяются аналитические и численные подходы, сравнивая точность и эффективность решений.

Результаты демонстрируют возможность применения в моделировании физических систем и инженерных задачах.

Ключевые слова: *Уравнение Липпмана-Швингера, решение без разложения по частичным волнам, аналитические методы, численные решения, физические системы, граничные условия, начальные условия, интегральные уравнения, квантовая механика, моделирование, инженерные приложения.*

Kirish. Lippman-Shvinger tenglamasi kvant mexanikasida va nazariy fizikaning turli sohalarida muhim o‘rin tutadi. U, asosan, zarracha tizimlarining tarqalishi va o‘zaro ta‘sirini tavsiflashda qo‘llaniladi. An‘anaviy yechim usullari ko‘pincha parsial yoyma (partial wave expansion) metodiga asoslangan bo‘lib, bu metod ba‘zi hollarda hisoblashni murakkablashtiradi va yuqori aniqlik talab qiladigan tizimlarda qo‘llashni qiyinlashtiradi. Shu sababli, tenglamani parsial yoymasdan yechish muhim ilmiy va amaliy masala sifatida qaraladi. Tadqiqotda Lippman-Shvinger tenglamasining fizik va matematik xususiyatlari chuqur o‘rganiladi, shuningdek, analitik va numerik yechimlar yordamida tenglamaning boshlang‘ich shartlar va chegaraviy sharoitlarda xatti-harakati tahlil qilinadi. Parsial yoymasiz yechimlar orqali yechimlarning aniqligi oshadi va murakkab fizik tizimlarni modellashtirish imkoniyati kengayadi. Shu bilan birga, bu yondashuv integral tenglamalarni yechish va ularni real fizik tizimlarga tatbiq etishda samarali usul sifatida qaraladi. Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi – Lippman-Shvinger tenglamasini parsial yoymasiz yechish metodlarini o‘rganish, yechimlarning aniqligi va samaradorligini baholash, hamda ularni kvant mexanikasi va muhandislik ilovalarida qo‘llash imkoniyatlarini aniqlashdir. Tadqiqot natijalari ilmiy tadqiqotlar va amaliy modellashtirish ishlarida integrallashtirilgan yondashuvlarni qo‘llash uchun mustahkam asos yaratadi. Lippman-Shvinger tenglamasi kvant mexanikasida va nazariy fizikaning turli sohalarida muhim o‘rin tutadi. Bu tenglama, asosan, zarracha tizimlarining tarqalishini va ularning o‘zaro ta‘sirini tavsiflashda qo‘llaniladi. An‘anaviy yechim usullari ko‘pincha parsial yoyma (partial wave expansion) metodiga asoslangan bo‘lib, bu metod murakkab hisoblashlarni talab qilishi va yuqori aniqlik talab qiladigan tizimlarda qo‘llashni qiyinlashtirishi mumkin. Shu sababli, Lippman-Shvinger tenglamasini parsial yoymasiz yechish ilmiy va amaliy jihatdan muhim masala hisoblanadi. Tadqiqot jarayonida tenglamaning fizik va matematik xususiyatlari o‘rganildi, shuningdek, turli boshlang‘ich shartlar va chegaraviy sharoitlarda uning xatti-harakatini aniqlashga e‘tibor qaratildi. Analitik va numerik metodlar yordamida yechimlar hisoblandi, bu esa integral tenglamalarni yechish va ularning aniqligini oshirish imkonini berdi. Parsial yoymasiz yechimlar murakkab fizik tizimlarni modellashtirishda yuqori aniqlik va samaradorlikni ta‘minlaydi. Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi – Lippman-Shvinger tenglamasini parsial yoymasiz yechish metodlarini o‘rganish, yechimlarning aniqligi va samaradorligini baholash, shuningdek, kvant mexanikasi va muhandislik ilovalarida

ularni qo'llash imkoniyatlarini aniqlashdir. Tadqiqot natijalari integral tenglamalarni yechish jarayonini soddalashtirish va fizik tizimlarni simulyatsiya qilish uchun mustahkam ilmiy asos yaratadi.

Adabiyotlar tahlili. Lippman-Shvinger tenglamasi va uni yechish metodlari bo'yicha mavjud adabiyotlar keng qamrovli tahlil qilindi. An'anaviy yondashuvlar ko'pincha parsial yoyma metodiga asoslangan bo'lib, bu metod ko'p hollarda integral tenglamalarni soddalashtirish va zarracha tizimlarining tarqalishini hisoblash uchun qulay hisoblanadi[1]. Biroq, yuqori aniqlik talab qiladigan murakkab tizimlarda bu metodning qo'llanilishi qiyinchiliklarga olib keladi. Shu sababli, tadqiqotchilar parsial yoymasiz yechimlar va analitik hamda numerik metodlarni rivojlantirishga alohida e'tibor qaratgan[2]. So'nggi yillarda tadqiqotlar Lippman-Shvinger tenglamasini turli fizik sharoitlarda, jumladan, cheksiz va chegaralangan potentsiallar ostida yechish imkoniyatlarini ko'rsatdi. Shu bilan birga, numerik yondashuvlar orqali yechimlarning aniqligi va hisoblash samaradorligi oshirilgan[3]. Shu tadqiqotlar Lippman-Shvinger tenglamasini parsial yoymasiz yechishning amaliy imkoniyatlarini ochib berdi va kvant mexanikasi, zarracha tarqalishi va muhandislik modellashtirishidagi qo'llanilishini yanada kengaytirdi.

Materiallar va usullar. Ushbu tadqiqotda asosiy material sifatida Lippman-Shvinger tenglamasi va uni yechish metodlari bo'ldi. Tadqiqot jarayonida tenglamaning fizik va matematik xususiyatlari chuqur o'rganilib, turli boshlang'ich shartlar va chegaraviy sharoitlar ostida uning xatti-harakati tahlil qilindi. Tadqiqotda an'anaviy parsial yoyma metodidan farqli ravishda, to'g'ridan-to'g'ri analitik va numerik yechim usullari qo'llanildi. Shu yondashuv orqali integral tenglamalarni yechish va ularning yechim aniqligini oshirish imkoniyati yaratildi. Analitik metodlar yordamida tenglamaning ba'zi soddalashtirilgan holatlari tahlil qilindi, bu esa yechimlarning xatti-harakatini matematik jihatdan tushunishga yordam berdi. Numerik metodlar esa murakkab fizik tizimlarda yechimlarni hisoblash va ularning aniqligini baholash uchun qo'llanildi. Tadqiqot jarayonida, shuningdek, yuqori aniqlikdagi hisoblashlar va kompyuter dasturlari yordamida yechimlar simulyatsiya qilindi. Bu yondashuv Lippman-Shvinger tenglamasining amaliy modellashtirish va kvant mexanikasida qo'llanilishini yanada kengaytirdi. Tadqiqot metodologiyasi shuni ko'rsatdiki, parsial yoymasiz yechimlar nafaqat integral tenglamalarning samarali yechimini ta'minlaydi, balki yechimlarning aniqligi va fizik tizimlarni modellashtirish imkoniyatini oshiradi. Shu bilan birga, bu metodologiya kvant mexanikasi, zarracha tarqalishi va muhandislik ilovalarida qo'llash uchun samarali va ishonchli asos yaratadi.

Jadval 1. Lippman-Shvinger tenglamasi parametrlari va yechimlari.

Parametrlar	Qiymatlar / Shartlar	Yechim natijalari	Izohlar
Boshlang'ich shart	Cheksiz potensial	Barqaror yechim	Analitik metod bilan tekshirildi
Chegaraviy shart	Finite potential	Barqaror yechim	Numerik metod orqali simulyatsiya qilindi
Integral tenglama turi	Lippman-Shvinger	Analitik va numerik yechim	Parsial yoymasiz yechimlar qo'llanildi

Ushbu jadval tadqiqotda asosiy material sifatida ishlatilgan Lippman-Shvinger tenglamasi parametrlari va yechim natijalarini tizimli ko'rsatadi. Jadval orqali boshlang'ich shartlar, chegaraviy shartlar va integral tenglamaning turiga qarab yechim natijalari aniq berilgan. Bu tadqiqotchiga yechimlarning barqarorligi, aniqligi va turli fizik sharoitlarda xatti-harakatini solishtirish imkonini beradi.

Jadval 2. Analitik va numerik yechimlarning taqqoslanishi.

Metod	Aniqlik	Hisoblash samaradorligi	Afzalliklar	Kamchiliklar
Analitik metod	Yuqori	O'rta	Tenglamaning xatti-harakatini matematik tushuntiradi	Murakkab potentsiallarda cheklangan
Numerik metod	Yuqori	Yuqori	Murakkab fizik tizimlarni hisoblash imkoniyati	Hisoblash vaqt talab qiladi
Parsial yoymasiz yechim	Yuqori	Yuqori	Integral tenglamalarni yechish va modellashtirishda samarali	Hisoblash algoritmi murakkab

Shu bilan birga, jadval tadqiqot natijalarini vizual tarzda tushuntirishga yordam beradi. Ikkinchi jadval esa Lippman-Shvinger tenglamasini yechishda qo'llanilgan metodlarni taqqoslaydi. Jadvalda metodlar bo'yicha aniqlik, hisoblash samaradorligi, afzalliklar va kamchiliklar ko'rsatilgan. Bu jadval tadqiqot muhokamasida analitik va numerik yondashuvlarning qulayliklari va cheklovlarini ko'rsatish uchun ishlatiladi. Shu tarzda, tadqiqot natijalarini baholash va yechim metodlarini tanlashda asosiy manba sifatida xizmat qiladi. Ikkala jadval birgalikda tadqiqotning tizimli yondashuvini ta'minlaydi. Birinchi jadval yechimlarning fizik va matematik xatti-harakatini ko'rsatadi, ikkinchisi esa metodologik taqqoslashni beradi. Shu orqali Lippman-Shvinger tenglamasini parsial yoymasiz yechishning ilmiy va amaliy ahamiyati yanada ravshan bo'ladi.

Tadqiqot muhokamasi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, Lippman-Shvinger tenglamasini parsial yoymasiz yechish usullari nafaqat integral tenglamalarni soddalashtiradi, balki yechimlarning aniqligi va hisoblash samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Analitik yondashuvlar yordamida tenglamaning soddalashtirilgan holatlari o'rganildi va ular orqali yechimlarning xatti-harakati matematik jihatdan tushuntirildi. Shu bilan birga, numerik metodlar murakkab potentsiallar va cheksiz boshlang'ich shartlar ostida yechimlarni hisoblash imkonini berdi, bu esa fizika va muhandislik tizimlarida qo'llash uchun amaliy ahamiyatga ega. Komparativ tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, parsial yoymasiz yechimlar, an'anaviy parsial yoyma usullariga nisbatan, yuqori aniqlik va tezroq konvergenstsiya xususiyatiga ega. Bu esa murakkab kvant tizimlarini modellashtirish va ularni simulyatsiya qilishda katta afzallik beradi. Shu bilan birga, yechimlar turli boshlang'ich va chegaraviy shartlar ostida barqarorligini saqlaydi va integral tenglamalarning fizik mazmunini aniq aks ettiradi. Tadqiqot davomida turli kompyuter simulyatsiyalari va raqamli algoritmlar qo'llanilib, yechimlarning aniqligi va barqarorligi tahlil qilindi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, parsial yoymasiz yechim usullari Lippman-Shvinger tenglamasini zamonaviy kvant mexanikasi va zarracha tarqalishi sohalarida amaliy qo'llash imkonini beradi. Shu bilan birga, bu yondashuv ilmiy tadqiqotlar uchun yangi istiqbollar ochadi, chunki u integral tenglamalarni yechish va fizik tizimlarning xatti-harakatini modellashtirishda aniq va samarali metodlarni taqdim etadi. Umuman olganda, tadqiqot muhokamasi shuni ko'rsatdiki, Lippman-Shvinger tenglamasini parsial yoymasiz yechish metodlari ilmiy jihatdan samarali, yuqori aniqlikka ega va murakkab fizik va muhandislik tizimlarini modellashtirishda keng qo'llanilishi mumkin. Bu yondashuv, shuningdek, kelajakdagi tadqiqotlar va simulyatsiya ishlarida asosiy metodologik baza sifatida xizmat qilishi mumkin. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, Lippman-Shvinger tenglamasini parsial yoymasiz yechish yondashuvlari nafaqat yechimlarning aniqligini oshiradi, balki integral tenglamalarni hisoblash samaradorligini ham sezilarli darajada yaxshilaydi. Analitik metodlar yordamida soddalashtirilgan holatlarda yechimlarning matematik xatti-harakati aniqlandi, bu esa tenglamaning fizik mazmunini chuqur tushunishga imkon berdi. Shu bilan birga, numerik metodlar murakkab potentsiallar va cheksiz boshlang'ich shartlar ostida yechimlarni hisoblash imkoniyatini yaratdi va bu yondashuvni amaliy modellashtirishda samarali qiladi. Komparativ tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, parsial yoymasiz yechimlar an'anaviy parsial yoyma metodlariga nisbatan yuqori aniqlik va tezroq konvergenstsiya xususiyatiga ega. Bu xususiyat murakkab kvant tizimlarini simulyatsiya qilishda katta afzallik beradi. Shu bilan birga, yechimlar turli boshlang'ich va chegaraviy shartlar ostida barqarorligini saqlaydi, bu esa integral tenglamalarning fizik mazmunini yanada aniq aks ettirish imkonini beradi. Tadqiqot davomida kompyuter simulyatsiyalari va raqamli algoritmlar qo'llanilib, yechimlarning barqarorligi va aniqligi tahlil qilindi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, parsial

yoymasiz yechimlar kvant mexanikasi, zarracha tarqalishi va muhandislik modellashtirishida keng qo'llanilishi mumkin. Shu bilan birga, bu yondashuv kelajakdagi tadqiqotlar uchun yangi metodologik imkoniyatlar yaratadi va murakkab tizimlar va yangi modellashtirish usullarini o'rganishga zamin yaratadi.

Xulosa. Ushbu tadqiqot Lippman-Shvinger tenglamasini parsial yoymasiz yechish metodlarini o'rganishga qaratilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, parsial yoymasiz yechim usullari integral tenglamalarni yechishda yuqori aniqlik va hisoblash samaradorligini ta'minlaydi. Analitik va numerik yondashuvlar yordamida yechimlar turli boshlang'ich shartlar va chegaraviy sharoitlar ostida barqarorligini saqlaydi va fizik tizimlarning xatti-harakatini aniq aks ettiradi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, Lippman-Shvinger tenglamasini parsial yoymasiz yechish nafaqat kvant mexanikasi va zarracha tarqalishi sohalarida, balki muhandislik modellashtirishida ham amaliy ahamiyatga ega. Bu yondashuv integral tenglamalarni yechish va fizik tizimlarni simulyatsiya qilishda samarali va ishonchli metod sifatida qaraladi. Shu bilan birga, tadqiqot kelajakda murakkab tizimlar va yangi modellashtirish usullarini tadqiq etish uchun mustahkam ilmiy asos yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Taylor, J.R., Scattering Theory: The Quantum Theory on Nonrelativistic Collisions, New York: Wiley, 1972.
2. Newton, R.G., Scattering Theory of Waves and Particles, Springer-Verlag, 1982.
3. Glöckle, W., The Quantum Mechanical Few-Body Problem, Springer, 1983.
4. Kato, T., Perturbation Theory for Linear Operators, Berlin: Springer, 1995.
5. Messiah, A., Quantum Mechanics, Amsterdam: North-Holland, 1961.
6. Faddeev, L.D., Mathematical Aspects of the Three-Body Problem in Quantum Scattering Theory, Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, 1965.
7. van Kampen, N.G., Stochastic Processes in Physics and Chemistry, Amsterdam: North-Holland, 1981.