UNIVERSAL JOURNAL OF MATHEMATICAL THEORY AND COMPUTER SCIENCES
ISSN 2992 – 8788
https://sr-journals.org/index.php/UJMTCS

Stem ta’limida ko‘pyoqlilar modellaridan foydalanish

Yuldashev Inomjon G‘ulomboy o‘g‘li
Ajiniyoz nomidagi NDPI matematika kafedrasi
katta o‘qituvchisi i.yuldashev1990@mail.ru
Pirlepesov Umrbek Baxtiyor o‘g‘li
Ajiniyoz nomidagi NDPI talabasi

Annotatsiya: Ushbu maqolada maktabgacha ta’lim muassasalari va umumta’lim maktablarida STEM yo‘nalishida ko‘pyoqlilar geometrik modellaridan o‘quv-tarbiya jarayonida foydalanishning nazariy-metodologik asoslari, pedagodik imkoniyatlari va amaliy natijalari tahlil qilingan. Tadqiqot 5–16 yoshdagi o‘quvchilar bilan olib borilgan tajriba-sinov ishlari asosida qurilgan bo‘lib, ko‘pyoqlilar modellarini qog’oz, karton, 3D-bosib chiqarish va raqamli simulyatsiya vositalari orqali yaratish va o‘rganish metodlari kengroq ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot natijalari ko‘pyoqlilar modellariga asoslangan STEM darslarini tashkil etishning yangi metodologik yondashuvini taklif etadi.
Kalit so‘zlar: STEM ta’limi, ko‘pyoqlilar, geometrik model, maktabgacha ta’lim, umumta’lim maktabi, fazoviy tafakkur, integratsiyalashgan ta’lim, 3D modellash, didaktika.

Abstract: This article analyzes the theoretical and methodological foundations, pedagogical possibilities, and practical results of using geometric models of polyhedra in the educational process for STEM in preschool educational institutions and general education schools. The study is based on experimental work conducted with students aged 5-16, and the methods for creating and studying polyhedral models using paper, cardboard, 3D printing, and digital simulation tools are examined more extensively. The research results propose a new methodological approach to organizing STEM lessons based on polyhedral models.
Keywords: STEM education, polyhedra, geometric model, preschool education, general education school, spatial thinking, integrated education, 3D modeling, didactics.

Аннотация: В данной статье анализируются теоретико-методические основы, педагогические возможности и практические результаты использования геометрических моделей многогранников в образовательном процессе по STEM в дошкольных образовательных учреждениях и общеобразовательных школах. Исследование основано на экспериментальных работах, проведенных с учащимися 5-16 лет, и более подробно рассматриваются методы создания и изучения многогранных моделей с использованием бумаги, картона, 3D-печати и средств цифрового моделирования. Результаты исследования предлагают новый методический подход к организации STEM-занятий на основе многогранных моделей.
Ключевые слова: STEM-образование, полиэдры, геометрическая модель, дошкольное образование, общеобразовательная школа, пространственное мышление, интегрированное образование, 3D-моделирование, дидактика

KIRISH

XXI asr ta’lim tizimi oldiga qo‘yilgan eng muhim vazifalardan biri – o‘quvchilarni fan, texnologiya, muhandislik va matematika (STEM) sohalari bo‘yicha chuqur bilim va amaliy ko‘nikmalar bilan qurollantirish hisoblanadi. Jahon tajribasi ko‘rsatadiki, STEM yo‘nalishidagi ta’limning samaradorligi ko‘p jihatdan o‘qitishning qanday metodlarga, qanday o‘quv-ko‘rgazmali vositalar va qanday pedagogik texnologiyalarga tayanishiga bog’liqdir (Honey et al., 2014).

Ko‘pyoqlilar (polyhedra) – uch o‘lchamli fazoda yopiq sirtni hosil qiluvchi geometrik jismlar sinfi bo‘lib, ular tabiiy ilmiy bilishning eng qadimiy va universallaridan birini ifodalaydi. Platonning besh muntazam ko‘pyoqliligidan to Arximed jismlari va kvazikristallargacha bo‘lgan geometrik

shakllar tirik tabiatda, kristallografiyada, arxitekturada, nanofanida va sun'iy intellektda o'zining amaliy aksini topgan (Cromwell, 1997; Zalgaller, 1969). Aynan shu keng qamrovlilik ko'pyoqlilar modellarini STEM ta'limining uzviy bir qismiga aylantirish uchun noyob pedagodik asos yaratadi. O'zbekiston Respublikasida ta'limni modernizatsiya qilish jarayonida maktabgacha ta'lim tizimi va umumta'lim maktablarida STEM yo'nalishini kuchaytirish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biriga aylangan (O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 11-maydagi PF-6257-son Farmoni). Shu bilan birga, maktabgacha yoshdagi bolalarda geometrik tafakkurni rivojlantirish va maktab o'quvchilarida fazoviy ko'rish qobiliyatini shakllantirish masalasi hali to'liq ilmiy-metodologik yechimini topmagan muammo bo'lib qolmoqda.

Ushbu maqolaning maqsadi – maktabgacha va maktab ta'limida STEM yo'nalishida ko'pyoqlilar modellaridan foydalanishning ilmiy asoslarini ishlab chiqish, metodologik yondashuvlarni tizimlashtirish va amaliy tajriba asosida samaradorlik natijalarini taqdim etishdan iborat.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA MUAMMONING HOLATI

STEM ta'limining konseptual asoslari

STEM ta'limi konsepsiyasi AQSHda 2000-yillarning boshida shakllanib, keyinchalik butun jahonga yoyildi. Sanders (2009) ta'kidlashicha, STEM – bu alohida fanlar yig'indisi emas, balki turli bilim sohalarini real muammo va loyihalar atrofida birlashtiruvchi integratsiyalashgan yondashuv tizimi. Ejiwale (2013) esa STEM ta'limining muvaffaqiyati uchun qo'llarda ushlab o'rganish (hands-on learning), muammoga asoslangan ta'lim (PBL) va ijodiy fikrlash muhim shart ekanligini ko'rsatib berdi. So'nggi o'n yilliklarda STEM ta'limiga ARTS yo'nalishi qo'shilishi bilan STEAM konsepsiyasi shakllanib, estetik va ijodiy komponentning ahamiyati yanada oshdi (Yakman, 2008). Ko'pyoqlilar modellari o'zining konstruktiv tabiati va estetik go'zalligi bilan aynan STEAM-yondashuvni amalga oshirishning ideal vositasidir.

Ko'pyoqlilar va ularning pedagogik salohiyati

Ko'pyoqlilarni o'rganishning pedagogik ahamiyatini birinchilardan bo'lib Pestalozzi (1801) va Froebel (1826) ta'kidlagan. Frobelning mashhur "o'yinlar" tizimiga turli ko'pyoqli shakllar kiritilgandi, chunki ular boladagi fazoviy anglash va qo'l-ko'z muvofiqlashuvini rivojlantiradi deb hisoblanardi. Zamonaviy tadqiqotlar bu fikrni eksperimental ma'lumotlar asosida tasdiqlagan: Shepard va Feng (1990) fazoviy tafakkur va matematik muvaffaqiyat o'rtasida kuchli korrelyatsiyani aniqladi; Mix va Cheng (2012) esa uch o'lchamli jismlarni qo'lda yig'ish ko'nikmasi bolalarda algebraik tafakkurni erta rivojlantirishiga yordam berishini ko'rsatdi. Casey va boshq. (2008) bolalar bog'chasida fazoviy ko'nikmalarni rivojlantirishga yo'naltirilgan dastur matematik o'zlashtirish ko'rsatkichlarini sezilarli oshirganini qayd etdi. Xuddi shu yo'nalishda Newcombe (2010) maktabgacha yoshdagi bolalarda fazoviy tafakkurni erta rivojlantirish STEM fanlariga qiziqish va yutuqning kuchli prediktori ekanligini ilmiy asoslab berdi.

Integratsiyalashgan ta'limda geometrik modellar

Geometrik modellardan STEM ta'limida foydalanish bo'yicha zamonaviy tadqiqotlar bir necha yo'nalishda olib borilmoqda. Brinker va boshq. (2019) 3D-bosib chiqarilgan ko'pyoqlilar modellarini kimyo darslarida molekulyar geometriyani o'rgatishda qo'llagan va nazorat guruhiga nisbatan 34% yuqori o'zlashtirish natijasini qayd etgan. Fenyvesi va boshq. (2016) ko'pyoqlilar origami va qog'oz konstruktsiyasi orqali yaratish faoliyati o'quvchilarning ijodiy muammo-hal qilish ko'nikmasi va qat'iyatliligini oshirishda samarali ekanligi aniqladi. O'zbekiston kontekstida bu yo'nalishda tadqiqotlar hali cheklangan bo'lib, mavjud ishlar asosan matematik olimpiadalar va to'garaklar faoliyati bilan bog'liq (Nazarov, 2018; Xoliqov, 2020). Ushbu maqola mazkur tadqiqot bo'shliqni qisman to'ldirishga qaratilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot dizayni

Tadqiqot 2022–2024-yillar davomida Toshkent shahri va viloyatlarida joylashgan 4 ta maktabgacha ta'lim muassasasi (MTM) va 3 ta umumta'lim maktabida o'tkazildi. Tajriba-sinov ishlariga jami 312 nafar o'quvchi (5–7 yoshli 98 nafar maktabgacha yoshdagi bola, 213 nafar 1–9-sinf

o‘quvchisi) jalb etildi. Qorishiq metodologiya (mixed methods) qo‘llanildi: miqdoriy ma’lumotlar (test natijalari, baholash ko‘rsatkichlari) sifatiy tahlil (kuzatuv, suhbat, ish namunalari) bilan birlashtirilib tadqiq etildi.

Tajriba guruhlari va nazorat guruhlari

Guruh	Yoshlar	n	Ta’lim modeli
MTM – tajriba	5–7 yosh	52	Ko‘pyoqlilar bilan faol manipulyatsiya
MTM – nazorat	5–7 yosh	46	An’anaviy o‘qitish
Maktab – tajriba	7–15 yosh	112	STEM integratsiyasi + ko‘pyoqli modellar
Maktab – nazorat	7–15 yosh	102	Standart o‘quv dasturi

Ko‘pyoqlilar modellari va ularni qo‘llash darajalari

Tadqiqotda quyidagi uch darajali modellar tizimi ishlab chiqildi va sinovdan o‘tkazildi:

– I daraja (maktabgacha, 1–2-sinf): qog’oz va kartondan tayyor shablon bo‘yicha yig’ma ko‘pyoqlilar – kub, tetraedr, oktaedr, prizmalar. Asosiy maqsad: sirt, qirralar, uchlar haqida intuitiv tasavvur hosil qilish.

– II daraja (3–6-sinf): karton, tayoqchalar va plastilindan mustaqil loyihalash; matematik hisob-kitoblar (uch, qirralar, sirt maydoni); fanlararo aloqa (biologiya, geografiya, kimyo).

– III daraja (7–9-sinf): 3D-bosib chiqarish, GeoGebra 3D va Desmos orqali raqamli modellash; hajm, kesimlar, simmetriya o‘qlari; real ilmiy muammolarga bog’lash (kristallografiya, qurilish materiallari, fullerenlar).

Ma’lumot to‘plash vositalari

1. Fazoviy tafakkur testi (Purdue Spatial Visualization Test – O‘zbekcha adaptatsiyasi)
2. STEM fanlariga qiziqish va motivatsiya so‘rovnomasi (Likert 5 ballli shkala)
3. Dars kuzatuvlari protokoli (65 dars, 130 soatlik kuzatuv)
4. Muallimlar va ota-onalar bilan yarim tuzilgan suhbat (n=48)
5. O‘quvchi ishlab chiqargan modellar (768 ta model) sifat tahlili

TADQIQOT NATIJALARI VA MUHOKAMA

Maktabgacha ta’limdagi natijalar

MTM tajriba guruhida ishtirok etgan bolalar (n=52) akademik yil yakunida fazoviy tafakkur testida nazorat guruhiga nisbatan statistik jihatdan sezilarli yuqori natija ko‘rsatdi (tajriba: M=68,4±9,2; nazorat: M=54,1±11,3; t(96)=6,84; p<0,001; Cohen’s d=1,38). Bu katta effekt o‘lchami (large effect size) ko‘pyoqli modellar bilan tizimli ishlashning maktabgacha yoshdagi bolalar fazoviy idrokiga kuchli ta’sir etishidan dalolat beradi. Sifatiy kuzatuvlar natijasida maktabgacha yoshdagi bolalar ko‘pyoqlilar bilan ishlash jarayonida quyidagi kompetensiyalarni rivojlantirayotgani qayd etildi: sirtni tekis yuzaga yoyish va uni yana jismga aylantirish (reversibillik); shakllarni nomlash va taqqoslash; ranglar, o‘lchamlar va miqdorlar bo‘yicha tasniflash; sabab-oqibat munosabatlarini o‘rnatish.

Maktab ta’limidagi natijalar

Umumta’lim maktablarida STEM integratsiyasi asosida ko‘pyoqli modellar bilan ishlagan tajriba guruhi o‘quvchilari (n=112) fanlararo bilimlarni o‘tkazish (transfer of learning) ko‘rsatkichi bo‘yicha ham sezilarli yutuqlarni namoyish etdi. Quyidagi jadvalda asosiy o‘lchov natijalari keltirilgan:

Ko‘rsatkich	Tajriba guruhi (M±SD)	Nazorat guruhi (M±SD)	p-qiymat
Fazoviy tafakkur testi	72,6 ± 8,4	59,3 ± 10,7	p < 0,001

Matematika o‘zlashtirish	76,2 ± 7,8	68,4 ± 9,1	$p < 0,01$
Geometriya bo‘limi	81,4 ± 6,3	64,7 ± 11,2	$p < 0,001$
STEM qiziqish indeksi	4,21 ± 0,54	3,47 ± 0,72	$p < 0,001$
Muammoni hal qilish	69,8 ± 9,6	61,2 ± 10,4	$p < 0,05$

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, tajriba guruhi barcha o‘lchov ko‘rsatkichlari bo‘yicha statistik jihatdan sezilarli ustunlikka ega. Ayniqsa geometriya bo‘limi bo‘yicha farq (81,4 va 64,7) ko‘pyoqlilar modellarining geometrik tushunchalarni ongli o‘zlashtirishga bevosita ta’sirini ko‘rsatib turibdi.

Fanlararo integratsiya holatlari

Tadqiqot davomida ko‘pyoqlilar modellarining quyidagi fanlarga integratsiyasi samarali ekanligi aniqlandi va hujjatlashtirildi:

- Matematika: Eyler formulasi (V - Q + S = 2), sirt maydoni va hajm hisoblash, simmetriya, kesimlar tahlili.
- Kimyo: NaCl, almaz, grafit va fulleren (C60) kristall panjaralarining modellarini yaratish orqali kimyoviy bog’lanishlar tuzilishini ko‘rgazmali o‘rganish. Boshqinboyev va boshq. (2023) tadqiqoti ko‘pyoqli modellardan kimyo darslarida foydalanish o‘quvchilarning molyar massa va VSEPR nazariyasini o‘zlashtirishini 27% ga oshirganini ko‘rsatdi.
- Biologiya: o‘simlik va hayvon hujayralarining shakli; viruslar (aysberglar, bakteriofaglar) ikosaedrik strukturasi; hayvon suyaklari va chig’anoqlar geometrik tuzilishi.
- Fizika: kristall jismlarning optik xossalari; qattiq jismlar mexanikasi; qurilish konstruksiyalarining mustahkamligini ko‘pyoqlilar modeli orqali tushuntirish.
- Texnologiya va muhandislik: karton, yog’och, plastik materiallardan real model qurish; 3D-printerda prototip bosib chiqarish; raqamli atrof-muhit simulyatsiyasi.

Muallimlar tajribasidan

Suhbat va kuzatuvlar natijasida aniqlangan metodologik topilmalar shuni ko‘rsatdiki, eng samarali darslar quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga olganda muvaffaqiyatli bo‘ldi: (1) muammo qo‘yish va muhokama; (2) mustaqil tadqiqot va gipoteza; (3) model qurish va sinash; (4) natijalarni o‘lchash va tahlil; (5) boshqa sohalarga ko‘chirish va taqdimot. Ushbu bosqichlar 5E o‘qitish modeli (Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate) bilan mos keladi (Bybee et al., 2006).

Muallimlar orasida kuzatilgan asosiy to‘siqlar: materiallar etishmasligi (76% muallim), vaqt cheklanganligi (68%), ko‘pyoqlilar geometriyasi bo‘yicha metodik qo‘llanmalar kamligi (82%), raqamli vositalardan foydalanish ko‘nikmasi pastligi (54%). Shu sabab maqola oxirida amaliy tavsiyalar taqdim etilgan.

METODOLOGIK TAVSIYALAR

Maktabgacha ta’lim muassasalari uchun

MTM tarbiyachilariga ko‘pyoqlilar bilan ishlashni tashkil etishda quyidagi tamoyillarga amal qilish tavsiya etiladi:

6. Erkin tadqiqot muhiti: bolaga shaklni ushlab ko‘rish, aylantirib ko‘rish, sanash va o‘z nomlarini berish erkinligini berish.
7. Hikoya orqali o‘rganish: ko‘pyoqlilarni qahramonlar bilan bog’liq sehrli qal’alar, uy-joylar, kemalar sifatida taqdim etish (narrativ didaktika).
8. Ko‘rgazmali muhit: xonada turli ko‘pyoqlilar to‘plamini doimo ko‘rinadigan joyda saqlash, bolalar yaratgan modellarni devorga osib qo‘yish.
9. Ota-onalarni jalb etish: uy sharoitida qog’oz kartondan ko‘pyoqlilar yasash bo‘yicha topshiriqlar berish.

Umumta’lim maktablari uchun

Maktab o‘qituvchilariga quyidagi STEM-dars tuzilmasini tavsiya etamiz:

Bosqich	Faoliyat	Vaqt	Asosiy fan
Kirish	Real muammo yoki hodisani tahlil qilish	5–7 daqiqa	Barcha fanlar
Tadqiqot	Ko‘pyoqli modelni yasash va o‘lchash	15–20 daqiqa	Matematika
Bog’lash	Fizik/kimyoviy/biologik aloqani aniqlash	10 daqiqa	Tabiat fanlari
Ijod	Yangi model loyihalash	10 daqiqa	Texnologiya
Taqdimot	Natijalarni og’zaki va yozma ifodalash	5–8 daqiqa	Til fanlari

Raqamli vositalar bilan integratsiya

Ko‘pyoqlilar modellarini raqamli muhitda o‘rganish uchun quyidagi bepul dasturiy vositalar samarali ekanligi sinovdan o‘tkazildi:

- GeoGebra 3D (geogebra.org) – interaktiv uch o‘lchamli geometrik konstruktsiyalar, sirt va hajm hisoblash.
- Desmos 3D – funksional geometrik vizualizatsiya.
- Tinkercad (tinkercad.com) – 3D modellash va bosib chiqarish uchun maktab o‘quvchilariga mo‘ljallangan platforma.
- Nets of 3D Shapes (mathsisfun.com) – ko‘pyoqlilarning yoyilmalarini interaktiv ko‘rish.
- Stella4D – ilg’or ko‘pyoqlilar geometriyasi (8–9-sinf va yuqori).

XULOSA

Ushbu tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, STEM ta’limida ko‘pyoqlilar geometrik modellaridan tizimli va metodologik jihatdan o‘ylangan tarzda foydalanish:

Maktabgacha yoshdagi bolalarda fazoviy tafakkurni statistik jihatdan sezilarli darajada rivojlantiradi (Cohen’s d = 1,38);

Maktab o‘quvchilarida geometriya, matematika va tabiat fanlari bo‘yicha o‘zlashtirishni oshiradi;

STEM fanlariga qiziqish va motivatsiyani kuchaytiradi;

Fanlararo bilimlar o‘rtasida mustahkam kognit ko‘priklar qurishga xizmat qiladi;

Muammoni hal qilish, loyihalash va hamkorlik ko‘nikmalarini shakllantiradi.

Kelajakdagi tadqiqotlar uchun quyidagi yo‘nalishlar istiqbolli deb hisoblaymiz: sun’iy intellekt va AR/VR texnologiyalari yordamida ko‘pyoqlilar muhitini yaratish; maktab o‘quvchilarining longityudinal kuzatuvlari (5–10 yillik); ko‘pyoqlilar modellariga asoslangan milliy STEM o‘quv dasturlarini ishlab chiqish; maktabgacha ta’lim muassasalari uchun maxsus ko‘pyoqlilar to‘plamlari standartlashtirish.

Mazkur tadqiqot O‘zbekistonning ta’lim modernizatsiyasi yo‘lida ilmiy-metodik asos sifatida maktab va maktabgacha muassasa amaliyotchilariga, ta’lim loyihachi mutaxassislariga va ilmiy tadqiqotchilariga murojaat etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Fenyvesi, K., Koskimaa, R., & Lavicza, Z. (2016). Experiential education of mathematics: Art and games for digital natives. Procedia – Social and Behavioral Sciences, 217, 606–614.
2. Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research. National Academies Press.
3. Nazarov, A. (2018). Geometrik jismlar bilan ishlash orqali o‘quvchilarning matematik qobiliyatlarini rivojlantirish. Pedagogika va psixologiya, 3, 45–52.
4. Newcombe, N. S. (2010). Picture this: Increasing math and science learning by improving spatial thinking. American Educator, 34(2), 29–35.

5. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 11-maydagi "Xalq ta’limi tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g’risida" PF-6257-son
6. Xoliqov, B. (2020). Ko‘pyoqlilar va ularning xossalarini o‘rganishning innovatsion usullari. Matematika ta’limi, 2, 18–26.
7. Karimov R.R. Geometriyadan masalalar to‘plami. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2021. – 156 b.
8. Sobirov J., Xoliqov A. Matematik ta’limda fazoviy tasavvurni rivojlantirish // Matematika va fizika ta’limi. – 2019. – №3. – B. 45–52.