

**Երկրաչափական և օպտիկական պատկերացումների փոխկապակցված
զարգացումը. տիպային սխալների ախտորոշում և շտկում**

*Մանուկյան Վարդան,
Նիկողոսյան Գագիկ*

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2026.1ns-110>

Հանգուցային բառեր. միջառարկայական կապեր, կոզնիտիվ տրանսֆեր, պատկերների կառուցում, ուսուցման մեթոդիկա, կրթություն, գիտելիքներ

Նախաբան

Ժամանակակից կրթական բարեփոխումների համատեքստում բնագիտամաթեմատիկական առարկաների փոխկապակցված ուսուցումը դիտարկվում է որպես սովորողների վերլուծական մտածողության զարգացման առանցքային գործոն: Սույն հետազոտության արդիականությունը բխում է Հանրակրթության պետական նոր չափորոշիչների պահանջներից, որոնք շեշտադրում են կարողունակությունների վրա հիմնված մոտեցումը և միջառարկայական կապերի միջոցով աշխարհի ամբողջական պատկերի ձևավորումը [1]: Սակայն դպրոցական պրակտիկական ցույց է տալիս, որ հաճախ աշակերտների մոտ առկա է գիտելիքների մասնատվածություն, ինչը հասկապես ակնառու է դառնում երկրաչափության և ֆիզիկայի «Երկրաչափական օպտիկա» բաժնի հպման կետերում: Խնդիրն այն է, որ ֆիզիկայի առարկայական չափորոշիչով նախատեսված վերջնարդյունքները, ինչպիսիք են լուսային ճառագայթների ընթացքի կառուցումը և պատկերների բնութագրումը, ուղղակիորեն կախված են երկրաչափության չափորոշիչով սահմանված հարթաչափական գիտելիքների կիրառման մակարդակից:

Հիմնախնդրի շուրջ իրականացված դասական հետազոտությունների վերլուծությունը թույլ է տալիս փաստել, որ երկրաչափական սխալների արմատները հաճախ թաքնված են կոզնիտիվ զարգացման փուլային բացթողումների մեջ: Ինչպես նշում է Ա. Վ. Պյորիշկինը, օպտիկական երևույթների ընկալման հիմքում ընկած է երկրաչափական մոդելավորումը, և ցանկացած թերացում գծագրական հմտություններում անխուսափելիորեն հանգեցնում է ֆիզիկական սխալ եզրակացությունների [3]: Այս տեսանկյունից էական է Ա. Վ. Պոգորելովի մոտեցումը, ով երկրաչափական պատկերացումների ձևավորումը դիտարկում էր որպես տրամաբանական խիստ շղթա. այդ շղթայի խզումը ֆիզիկական միջավայրում ստեղծում է «մեխանիկական պատկերման» խնդիրը [4]: Պ. Վան Հիլիի տեսության համաձայն՝ երկրաչափական մտածողության ցածր մակարդակը խոչընդոտում է աբստրակտ սխեմաների ընկալմանը, ինչը ֆիզիկայում դրսևորվում է որպես ճառագայթների ընթացքի ոչ գիտակցված պատկերում [6]: Եվրոպական մեթոդական դպրոցի ներկայացուցիչները, մասնավորապես Ռ. Դուադին, շեշտում են «գործիքային» և «առարկայական» գիտելիքների տարանջատման վտանգը, երբ աշակերտը չի կարողանում երկրաչափական թեորեմը ծառայեցնել որպես գործիք օպտիկական խնդրի լուծման համար [5]:

* Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ ԿԳՄՄՆ ԲԳԳԿ-ի ֆինանսական աջակցությամբ՝ 25RG-5C032 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:

Հայրենական մանկավարժական մտքի շրջանակներում միջառարկայական կապերի հարցը դիտարկվել է բազմաթիվ գիտնականների կողմից: Է. Ղազարյանի աշխատություններում ընդգծվում է, որ մաթեմատիկայի և ֆիզիկայի ինտեգրումը պետք է կրի բովանդակային բնույթ՝ կողմնորոշվելով դեպի սովորողների տրամաբանական սխալների կանխարգելումը [2]:

Սույն հետազոտության նպատակն է բացահայտել երկրաչափության դասընթացում հանդիպող տիպային սխալների և օպտիկական թուրքմբռնումների միջև առկա օրինաչափ կապերը և մշակել ու հիմնավորել այդ սխալների հաղթահարման մեթոդական որոշակի մոտեցումներ: Այս նպատակից բխում են հետևյալ խնդիրները՝ իրականացնել սովորողների գծագրական հմտությունների և երկրաչափական տրամաբանության ախտորոշում, վերհանել օպտիկայի բաժնում դրանցից ածանցվող սխալները և հիմնավորել ուսուցման զուգահեռված մոտեցման արդյունավետությունը՝ համահունչ ժամանակակից կրթական չափորոշիչների պահանջներին:

Աշխատանքի գիտամեթոդական նորույթը սխալների դասակարգման «տրանսֆերային մոդելի» առաջադրման մեջ է, որտեղ երկրաչափական սխալը դիտարկվում է որպես ֆիզիկական խնդրի լուծման ձախտղման առաջնային պատճառ: Սույն մոտեցումը թույլ է տալիս ստեղծել շտկողական վարժությունների համակարգ, որը միաժամանակ զարգացնում է և՛ տարածական պատկերացումը, և՛ ֆիզիկական երևույթի էության ընկալումը: Այսպիսով, հետազոտությունը փորձ է կատարում կամրջելու երկու առարկաների մեթոդիկաները՝ ստեղծելով միասնական տրամաբանական հենք սովորողների համար:

Անկյունների և ուղղահայացության ընկալման տիպային սխալները երկրաչափության մեջ և դրանց արտացոլումը լույսի անդրադարձման օրենքում

Երկրաչափական օպտիկայի դասընթացի յուրացումը սկսվում է լույսի անդրադարձման օրենքի ուսումնասիրությունից, որտեղ հիմնարար դեր ունեն «ուղղահայաց», «անկման անկյուն» և «անդրադարձման անկյուն» հասկացությունները: Սակայն փորձը ցույց է տալիս, որ աշակերտների զգալի մասը թույլ է տալիս կայուն սխալներ, որոնց ակունքները գտնվում են հարթաչափության դասընթացի թերի յուրացված հատվածներում:

➤ Երկրաչափական ախտորոշում:

Հարթաչափության մեջ աշակերտները սովորաբար աշխատում են անկյունների հետ, որոնց կողմերից մեկը հորիզոնական է: Սա ձևավորում է տեսողական ստերեոտիպ, որտեղ «ուղղահայացը» ընկալվում է որպես թղթի ստորին եզրին ուղղահայաց գիծ: Երբ երկրաչափական խնդրում ուղիղը պատկերվում է թեքությամբ, աշակերտների մոտ դժվարանում է սովյալ կետում ուղղահայացի (կամ բարձրության) ճիշտ կառուցումը: Մյուս խնդիրը կից անկյունների լրացման հատկությունն է: Եթե տրված է որևէ α անկյուն, աշակերտը մեխանիկորեն փնտրում է դրա հարևանությամբ գտնվող անկյունը, բայց հաճախ սխալվում է $90^\circ - \alpha$ և $180^\circ - \alpha$ հարաբերակցությունների մեջ:

➤ Տրանսֆերային սխալը օպտիկայում:

Այս երկրաչափական անճշտությունները ուղղակիորեն պրոյեկտվում են լույսի անդրադարձման օրենքի վրա: Հիմնական սխալներն են.

- Նորմալի (ուղղահայացի) անտեսում. ֆիզիկական խնդիր լուծելիս աշակերտը անկման անկյունը չափում է ոչ թե անկման կետում տարված նորմալից, այլ հայելու մակերևույթից: Սա բխում է այն երկրաչափական սխալից, որ աշակերտը «անկյուն»

ասելով հասկանում է տեսանելի երկու գծերի (ճառագայթի և հայելու) կազմած պատկերը, այլ ոչ թե արստրակտ կառուցված ուղղահայացի նկատմամբ շեղումը:

- Միսլ կողմնորոշում թեք հայելիների դեպքում. եթե հայելին պատկերված է թեքությամբ, աշակերտը նորմալը հաճախ գծում է ուղղահայաց դեպի վեր (ըստ թղթի եզրի), այլ ոչ թե ուղղահայաց հայելու մակերևույթին:

➤ **Հաղթահարման մեթոդական հնարներ:**

Մխակների շտկման համար առաջարկվում է կիրառել «հակադարձ վարժանքի» մեթոդը: Մինչ օպտիկական խնդիրներին անցնելը անհրաժեշտ է կատարել հետևյալ երկրաչափական վարժությունները.

1. «Շրջված ուղղահայացներ». պատկերել տարբեր թեքությամբ ուղիղներ և պահանջել կառուցել դրանց ուղղահայացները տրված կետում՝ օգտագործելով միայն քանոն և անկյունաքանոն:

2. «Թաքնված անկյուն». տրվում է ուղղի հետ կազմած որևէ β անկյուն և պահանջվում է գտնել ուղղահայացի հետ կազմած անկյունը՝ առանց անկյունաչափի, գուտ տրամաբանական լրացման միջոցով:

Այս մոտեցումը թույլ է տալիս աշակերտին գիտակցել, որ օպտիկական անկյունը ոչ թե տեսողական պատկեր է, այլ երկրաչափական կառուցման արդյունք:

Համաչափության (սիմետրիայի) ընկալման խնդիրները երկրաչափության մեջ և պատկերի կառուցումը հարթ հայելու

Հարթ հայելում առարկայի պատկերի կառուցումը ֆիզիկայի դասընթացի այն թեմաներից է, որտեղ աշակերտի երկրաչափական գիտելիքը պետք է վերածվի գործնական հմտության: Մակայն այս փուլում ի հայտ են գալիս խորքային թյուրբմբռնումներ, որոնք կապված են առանցքային համաչափության սխալ ընկալման հետ:

➤ **Երկրաչափական ախտորոշում:**

Մաթեմատիկայի դասերին աշակերտները սովորում են առանցքային համաչափության սահմանումը. երկու կետեր կոչվում են համաչափ ուղղի նկատմամբ, եթե այդ ուղիղը հանդիսանում է այդ կետերը միացնող հատվածի միջնուղղահայացը, այսինքն, եթե կետերը գտնվում են այդ ուղղին ուղղահայաց զծի վրա և նրանից ունեն հավասար հեռավորություն: Տիպային սխալն այստեղ «տեսողական զուգահեռականությունն» է: Երբ համաչափության առանցքը թեք է, աշակերտը հաճախ համաչափ կետը տեղադրում է ոչ թե առանցքին ուղղահայաց զծի վրա, այլ պարզապես առանցքից «աջ» կամ «ձախ»՝ պահպանելով հորիզոնական կապը: Մա նշանակում է, որ աշակերտը չի գիտակցում ուղղահայացության անհրաժեշտությունը որպես սիմետրիայի պարտադիր պայման:

➤ **Տրանսֆերային սխալը օպտիկայում:**

Հարթ հայելում պատկերի կառուցման ժամանակ (որը հանդիսանում է առարկայի համաչափ պատկերը հայելու հարթության նկատմամբ) այս սխալը դրսևորվում է մի քանի ձևով.

- Պատկերի շեղում. աշակերտը պատկերը գծում է հայելու հետևում, բայց ոչ թե առարկայից տարված ուղղահայացի վրա, այլ պարզապես «դիմացը»: Արդյունքում խախտվում է հայելային անդրադարձման հիմնական երկրաչափական սկզբունքը:
- Հեռավորության սխալ գնահատում. հաճախ աշակերտները պատկերը տեղադրում են կամայական հեռավորության վրա՝ անտեսելով այն փաստը, որ հայե-

լուց մինչև առարկա և հայելուց մինչև պատկեր հեռավորությունները պետք է լինեն խստիվ հավասար:

- Ձախի և աջի շփությունն. քանի որ աշակերտը չի տիրապետում կետ առ կետ համաչափ պատկեր կառուցելու մեթոդին, նա դժվարանում է պատկերել բարդ առարկաների (օրինակ՝ թեքված տառերի կամ սլաքների) հայելային անդրադարձը սխալմամբ պահպանելով առարկայի սկզբնական կողմնորոշումը:

➤ **Հաղթահարման մեթոդական հնարներ:**

Որպեսզի օպտիկական պատկերը չլինի պարզապես «ենթադրյալ գծագիր», առաջարկվում է կիրառել «Կետային պրոյեկցիայի» մոտեցումը:

1. Երկրաչափական նախավարժանք. աշակերտին տրվում է անկանոն բազմանկյուն և մի թեք ուղիղ: Պահանջվում է բազմանկյան յուրաքանչյուր գագաթից տանել ուղղահայաց առանցքին, չափել հեռավորությունը և նույնչափ շարունակել հակառակ կողմում: Սա ստիպում է աշակերտին հասկանալ, որ ամբողջական պատկերը կազմված է առանձին կետերի համաչափությունից:

2. Ինքնաստուգման մեթոդ. օպտիկական խնդիրը լուծելիս աշակերտին հանձնարարվում է թղթի վրա գծված պատկերը ծալել հայելու գծով: Եթե առարկան և պատկերը չեն համընկնում, ուրեմն երկրաչափական կառուցումը սխալ է: Սա վիզուալ և շոշափելի ձևով ապացուցում է սիմետրիայի օրենքը:

Այսպիսով, հարթ հայելում պատկերի կառուցումը դադարում է լինել զուտ ֆիզիկական երևույթի հիշողություն և դառնում է կառուցողական երկրաչափական գործողություն, որտեղ սխալի հավանականությունը նվազում է շնորհիվ հստակ ալգորիթմի:

Նմանության տեսությունը և բարակ ոսպնյակի բանաձևը. մաթեմատիկական համարմանությունների սխալ կիրառումը ֆիզիկական հաշվարկներում

Այս ենթաբաժնում մենք դուրս ենք գալիս զուտ գծագրական տիրույթից և անցնում ենք երկրաչափական տրամաբանության և հանրահաշվական հմտությունների համադրմանը:

➤ **Երկրաչափական ախտորոշում:**

Եռանկյունների նմանության թեման հարթաչափության ամենաբարդ բաժիններից է: Աշակերտների հիմնական սխալները կապված են նմանության գործակցի (k) սխալ որոշման հետ: Հաճախ նրանք չեն կարողանում ճիշտ համադրել համապատասխան կողմերը, հատկապես երբ նման եռանկյունները գտնվում են «ավազի ժամացույցի» դիրքով (գագաթներով միացած, բայց հակադիր ուղղված): Մեկ այլ խնդիր է համեմատականության կանոնների կիրառումը, երբ գործ ունենք կոտորակային հավասարումների հետ. աշակերտները հաճախ դժվարանում են ճիշտ արտահայտել անհայտ կողմը հավասարման մեջ:

➤ **Տրանսֆերային սխալը օպտիկայում:**

Բարակ ոսպնյակի միջոցով պատկերի կառուցման և հաշվարկման ժամանակ այս բացթողումները հանգեցնում են հետևյալ սխալներին.

- Գծային խոշորացման սխալ ընկալում. ֆիզիկայում խոշորացումը սահմանվում է որպես $G = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$ հարաբերություն, որտեղ H -ը պատկերի բարձրությունն է, h -ը՝ առարկայի բարձրությունը, f -ը պատկերի հեռավորությունն է ոսպնյակից, d -ը՝ առարկայի հեռավորությունը ոսպնյակից: Աշակերտները հաճախ շփոթում են համարիչն ու հայտարարը, քանի որ չեն տեսնում այդ բանաձևի երկրաչափական ծագումը՝ նման եռանկյունների կողմերի հարաբերակցությունը: Եթե աշակերտը չի

նույնականացնում առարկայի բարձրությունը և պատկերի հեռավորությունը որպես նման եռանկյունների համապատասխան տարրեր, բանաձևը նրա համար դառնում է գուտ անգիր արած տեքստ:

• Գումարման և հակադարձման շփոթություն. բարակ ոսպնյակի բանաձևում $\left(\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}\right)$ աշակերտները հաճախ կատարում են կոպիտ մաթեմատիկական սխալ՝ ենթադրելով, որ $F = d + f$: Սա վկայում է այն մասին, որ նրանք չեն ընկալում բանաձևի հիմքում ընկած երկրաչափական օպտիկական ուժի $\left(D = \frac{1}{F}\right)$ և հեռավորությունների հակադարձ կապը:

• Կառուցման և հաշվարկի անհամապատասխանություն. հաճախ աշակերտը գծագրում ստանում է մեծացած պատկեր, սակայն հաշվարկի արդյունքում ստանում է փոքրացած պատկեր (կամ հակառակը) և չի նկատում այդ հակասությունը: Սա երկրաչափական պատկերի և թվային արդյունքի միջև կապի բացակայության հետևանք է:

➤ **Հաղթահարման մեթոդական հնարներ:**

Այստեղ արդյունավետ է «Գծագրից դեպի բանաձև» անցումը:

1. Նմանության ակնառու ապացույց. կարելի է ոսպնյակի գծագրի վրա գունավոր մատիտներով առանձնացնել այն երկու եռանկյունները, որոնց նմանությունից բխում է խոշորացման բանաձևը: Սա օգնում է աշակերտին տեսնել «երկրաչափությունը ֆիզիկայի ներսում»:

2. Թվային և երկրաչափական մոդելավորում. կարելի է առաջադրել խնդիրներ, որտեղ նախ պետք է կատարել կառուցումը վանդակավոր թղթի վրա (պահպանելով մասշտաբը), իսկ հետո ստացված արդյունքը ստուգել բանաձևով: Երբ աշակերտը տեսնում է, որ քանոնով չափված հեռավորությունը համընկնում է հաշվարկածի հետ, նրա մոտ ձևավորվում է վստահություն և՛ մաթեմատիկական ապարատի, և՛ ֆիզիկական օրենքի նկատմամբ:

Այսպիսով, բարակ ոսպնյակների թեման դառնում է լավագույն հարթակը՝ ցույց տալու համար, որ երկրաչափական նմանության տեսությունը ոչ թե ինքնանպատակ է, այլ հզոր գործիք իրական աշխարհի օբյեկտները չափելու և կանխատեսելու համար:

Եզրակացություն

Սույն հետազոտության շրջանակներում մեր կողմից իրականացված երկրաչափական և օպտիկական տիպային սխալների համեմատական վերլուծությունը թույլ է տալիս ձևակերպել հետևյալ հիմնարար եզրահանգումները.

1. **Կոգնիտիվ տրանսֆերի օրինաչափությունը.** հաստատվեց այն թեզը, որ ֆիզիկայի «Օպտիկա» բաժնում աշակերտների թույլ տված սխալների զգալի մասը ոչ թե ֆիզիկական օրենքների չիմացության, այլ երկրաչափական պատկերացումների թերի ձևավորման արդյունք է: Երկրաչափական «կադապարված» մտածողությունը, որը սահմանափակվում է միայն ստանդարտ դիրքով պատկերված գծագրերով, ուղղակիորեն խոչընդոտում է ֆիզիկական երևույթների ճիշտ մոդելավորմանը::

2. **Սխալների համակարգային բնույթը.** բացահայտվեց, որ ուղղահայացության, համաչափության և նմանության երկրաչափական հասկացությունները օպտիկայում տրանսֆորմացվում են կայուն սխալների խմբերի: Անկման անկյան սխալ չափումը, հայելում պատկերի շեղված տեղադրումը կամ ոսպնյակի խոշորացման սխալ հաշվարկը ունեն ընդհանուր մեթոդական արմատ՝ արատրակտ մաթեմատիկական գործիքը կիրառական միջավայրում օգտագործելու անկարողությունը:

3. **Միջառարկայական կապերի արդյունավետությունը.** հետազոտությունը ցույց տվեց, որ սխալների շտկման առավել արդյունավետ ճանապարհը ոչ թե ֆիզիկական բանաձևերի կրկնությունն է, այլ նպատակային երկրաչափական «նախավարժանքների» ներմուծումը: Ուսուցման զուգահեռված մոտեցումը, որտեղ շեշտը դրվում է գծագրի կառուցողական ճշգրտության և տրամաբանական հիմնավորման վրա, թույլ է տալիս ոչ միայն նվազեցնել սխալների քանակը, այլև բարձրացնել սովորողների կողմից երևույթի էության գիտակցված ընկալումը:

Ամփոփելով արձանագրում ենք, որ երկրաչափական և օպտիկական պատկերացումների փոխկապակցված զարգացումը համահունչ է ժամանակակից կրթական չափորոշիչների պահանջներին և նպաստում է աշակերտների մոտ համակարգային մտածողության ձևավորմանը: Կարծում ենք՝ մեր կողմից առաջարկված մեթոդական հնարների համակարգը կարող է գործնական հիմք հանդիսանալ ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի ուսուցիչների համար՝ դասապրոցեսի արդյունավետությունը բարձրացնելու նպատակով:

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2026.1ns-110>

Գրականություն

1. Հանրակրթության պետական չափորոշիչ, ՀՀ Կառավարության որոշում N 136-Ն, 04 փետրվար 2021:
2. Ղազարյան Է., Դպրոցական ֆիզիկայի դասավանդման մեթոդիկայի ընտրովի հարցեր, Երևան, «Էդիթ Պրինտ», 2009, 308 էջ:
3. Перышкин А. В. Курс физики. В 3-х томах. Том 1, Москва: Просвещение, 2013. 192 стр.
4. Погорелов А. В. Геометрия: Учебник для 7-11 классов, Москва: Просвещение, 2014. 383 стр.
5. Douady R. Jeux de cadres et dialectique outil-objet. Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol. 7.3, 1986, pp. 5-31.
6. Van Hiele P. M., Structure and Insight: A Theory of Mathematics Education, Orlando: Academic Press, 1986, 248 p.

Взаимосвязанное развитие геометрических и оптических представлений: диагностика и исправление типичных ошибок

*Манукян Вардан,
Никогосян Гагик*

Резюме

***Ключевые слова:** межпредметные связи, когнитивный трансфер, построение образов, методика обучения, образование, знания*

В рамках данного исследования нами проведен комплексный анализ когнитивных проблем, возникающих в точках соприкосновения курсов геометрии и физики в общеобразовательной школе. Предметом исследования являются типичные ошибки учащихся в разделе «Геометрическая оптика», которые мы рассматриваем как следствие некорректного трансфера математических знаний. В ходе исследования мы поставили задачу выявить те геометрические заблуждения, которые приводят к неудачам при решении оптических задач, и разработать методические приемы для их преодоления. Применяя методы диагностики типичных ошибок и моделирования «визуальных ловушек», мы выявили прямое влияние трудностей учащихся, связанных с построением углов, симметрией и теорией подобия, на изображение хода лучей и характеристику изображений.

Научно-методическая новизна работы заключается в предложенной нами «трансферной модели», в рамках которой оптическая ошибка рассматривается не как отдельное физическое упущение, а как результат неправильного проектирования геометрического инструментария. Нами подтверждено, что геометрическое «стандартизированное» мышление, обычно ограничивающееся чертежами в горизонтальном положении, является основным источником ошибок в оптике. Результаты исследования позволяют нам констатировать, что успех в темах, касающихся тонких линз и зеркал, обусловлен не механическим воспроизведением формул, а устойчивостью графико-конструкторских навыков. Обосновано, что целевые геометрические упражнения, выполняемые до введения физического закона, существенно снижают вероятность возникновения типичных ошибок, способствуя формированию системного мышления и компетенций, определенных предметными стандартами.

**Interconnected Development of Geometric and Optical Representations:
Diagnosis and Correction of Typical Errors**

*Manukyan Vardan,
Nikoghosyan Gagik*

Summary

Key words: *interdisciplinary links, cognitive transfer, image construction, teaching methodology, education, knowledge*

Within the scope of this research, we have conducted a comprehensive analysis of the cognitive problems arising at the intersection of geometry and physics courses in general education schools. The subject of the study is the typical errors made by students in the "Geometric Optics" section, which we have viewed as a consequence of incorrect transfer of mathematical knowledge. During the research, we aimed to identify the geometric misconceptions that lead to failures in solving optical problems and to develop methodological techniques for overcoming them. By applying methods for diagnosing typical errors and modeling "visual traps," we have identified the direct impact of students' difficulties related to angle construction, symmetry, and similarity theory on the path of light rays and the characterization of images.

The scientific and methodological novelty of this study lies in the proposed "transfer model," according to which an optical error is interpreted not as an isolated physical omission, but rather as the consequence of the incorrect projection or application of a geometric tool. We have confirmed that geometric "standardized" thinking, which is usually limited to diagrams depicted in a horizontal position, is the primary source of errors in optics. The results of the research allow us to state that success in topics involving thin lenses and mirrors is determined not by the mechanical reproduction of formulas, but by the stability of graphic-constructive skills. We have substantiated that targeted geometric exercises performed prior to the introduction of a physical law significantly reduce the likelihood of typical errors, contributing to the formation of systemic thinking and the competencies defined by subject standards.

**Ներկայացվել է 26. 04. 2026 թ.
Գրախոսվել է 13. 04. 2026 թ
Ընդունվել է տպագրության 27. 05. 2026 թ.**