

Scientific journal  
**PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION**  
Has been issued since 2013.

Науковий журнал  
**ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА**  
Видається з 2013.

ISSN 2413-158X (online)  
ISSN 2413-1571 (print)



<http://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/>

Павленко А.І. Метод візуалізації графічних ліній у геометричній оптиці як інноваційна складова освітніх можливостей підготовки фахівців у вищій школі. *Фізико-математична освіта*. 2018. Випуск 1(15). С. 90-94.

Pavlenko A. Method Of Visualization Of Graphical Lines In Geometrical Optics As An Innovative Component Of Implementation Of Educational Potential For Vocational Training In The Higher School. *Physical and Mathematical Education*. 2018. Issue 1(15). P. 90-94.

УДК 378.4 + 535.31(075.8)

А.І. Павленко

Хортицька національна навчально-реабілітаційна академія, Україна  
anatolypavlenko@ukr.net  
DOI 10.31110/2413-1571-2018-015-1-014

#### МЕТОД ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ГРАФІЧНИХ ЛІНІЙ У ГЕОМЕТРИЧНІЙ ОПТИЦІ ЯК ІННОВАЦІЙНА СКЛАДОВА ОСВІТНІХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ У ВИЩІЙ ШКОЛІ

**Анотація.** У статті проведений аналіз і узагальнення різних підходів у визначенні основних ознак експериментальної візуалізації у фізиці. Розглянуті і проаналізовані традиційні методи дослідження ходу променів в геометричній оптиці. Визначається відношення традиційних методів до експериментальної візуалізації у фізиці.

Обґрунтовано і описано новий метод експериментальної візуалізації ходу світлових променів в оптичних деталях для вивчення геометричної оптики. Розроблений метод графічної візуалізації ліній в геометричній оптиці полягає в уведенні до поля зору вже нанесених графічних ліній на площину плоскої паперової поверхні для спостереження (візуалізації) у оптичних деталях. Метод передбачає експериментальне позначення (фіксацію) на папері та дослідження продовження зображень графічних ліній (ходу променів) у прозорих пластинах, призмах, фрагментах циліндричних дзеркал, циліндричних лінз та їх системах. Визначено прототип методу та його історія розробки і застосування на ілюстрованих прикладах. Моделями світлових променів виступають графічні прямі лінії, які наносяться на папері. Оптичні деталі і графічні прямі лінії на аркуші паперу розташовуються на горизонтальній поверхні. Обґрунтовано нові можливості методу у експериментальному дослідженні. А саме: отримання нової метричної інформації, розширення застосування для різних оптичних елементів, спостереження відразу кількох променів, поетапна візуалізація для складних моделей оптичних приладів (редукція побудови).

Розглянуті нові освітні можливості постановки фронтального фізичного експерименту з геометричної оптики на базі розглянутого методу візуалізації у процесі фахової підготовки студентів фізичних, фізико-технічних і інженерних спеціальностей у вищій школі. Зокрема: експериментальне визначення ходу променів і видимого збільшення у моделях лупи, мікроскопа та телескопа, графічна візуалізація ходу променів гомоцентричного пучка у плоско-паралельній пластинці, оборотності ходу променя, абераций та інші.

**Ключові слова:** метод візуалізації, графічні лінії, вища школа, геометрична оптика, освіта, фізичний експеримент.

**Постановка проблеми.** Зміст сучасного навчального курсу фізики повинен відповідати наскрізній ідеї впровадження компетентісного, практико-орієнтованого підходу. Адже саме даний підхід покладений Законами України «Про освіту» (2017), «Про вищу освіту» (2014) в понятійну основу фахової підготовки у вищій школі. Важлива роль у реалізації визначеної ідеї належить новому напрямку в науці і освіті – візуалізації. Сучасне визначення сутності поняття візуалізації та стрімкий розвиток використання можливостей комп'ютерних технологій вимагає нової візуальної культури у науковому і навчальному експерименті. Нова візуальна культура також важлива для переосмислення і перегляду, систематизації і розширення традиційних методів експериментальної візуалізації і моделювання, узгодження загальних підходів, зокрема, у геометричній оптиці. Якщо методи експериментальної візуалізації «елементарного рівня» у вивченні шкільного курсу геометричної оптики вже знаходять застосування, то на рівні розгляду змісту курсу фізики вищої школи їх освітні можливості ще не розкриті.

**Аналіз актуальних досліджень.** Наукове поняття «візуалізація» останні два десятиліття знаходиться у фокусі уваги багатьох дослідників у різних наукових галузях, зокрема в освітній (А.О. Вербицький, Д. Безуглий, Л.І. Білоусова, Н.В. Житеньова, Н.М. Манько, Н.А. Неудахіна, А.І. Павленко, О.В. Семеніхіна, Т.С. Федорова та ін.).

Візуалізація та її важливе наукове значення і сутність у навчальному процесі розглядається багатьма дослідниками в різних аспектах: як нова наукова галузь і метод наукового дослідження, сучасна стратегія навчання [1], технологія і метод навчання у середній і вищій школі [2-5] та ін.

**Мета статті.** З огляду на це, метою статті є встановлення відповідності сучасним критеріям дефініції поняття візуалізації опису традиційних методів спостереження і визначення ходу променів у процесі вивчення наукових основ геометричної оптики. Це дозволить на науковій основі описати розроблений узагальнений метод експериментальної візуалізації графічних ліній в геометричній оптиці та визначити нові освітні можливості застосування методу у змісті освіти вищої школи.

**Виклад основного матеріалу.** Сучасний філософський словник визначає метод (від. грецьк. *μεθόδος* – шлях дослідження) відразу у кількох аспектах: спосіб *пізнання* явищ суспільного життя або природи; спосіб або прийом теоретичної і практичної дії *людини*, спрямований на оволодіння об'єктом; порядок дослідження предмета для отримання найбільш повного і відповідного істині результату [6, с. 558]. А у величезному різноманітті конкретних форм наукових методів, на думку авторів словника, головними і основоположними видами є експеримент і спостереження.

У Вільній енциклопедії (Вікіпедії) наводяться декілька варіантів дефініції поняття «візуалізація». В основу визначення покладені споріднені іншомовні слова (від лат. *visualis*, англ. *visual*; нім. *visuell*; рос. *визуальный* – «зоровий»), як загальна назва прийомів подачі числової інформації або фізичного явища у вигляді, зручному для зорового спостереження і аналізу.

1. Візуалізація – унаочнення, створення умов для візуального спостереження.

2. Візуальний – спостережуваний неозброєним оком або за допомогою оптичного приладу.

3. Візуальна система – оптична система, призначена для роботи в сполученні з оком людини.

4. Візуалізація – це процес побудови графічного образу даних, що допомагає у процесі загального аналізу даних вбачати аномалії, структури.

О.В. Семеніхіна сам термін «візуалізація» трактує як процес демонстрації навчального матеріалу, що вимагає не тільки відтворення зорового образу, але і його конструювання [5].

Аналіз різних визначень і тлумачень поняття «візуалізація» свідчить про його поліаспектність і різномірність. На першому, загальному (родовому) рівні визначення візуалізації – це сприйняття деякого об'єкта через зоровий рецептор, орган зору як наочного образу, що є фактично спостереженням. У конкретно-видовому плані візуалізація вирізняється процесуально, у залежності від використання методів, прийомів, форм і технологій подачі (конструювання) інформації (текстової, графічної, структурної, метричної, числової) або фізичного явища у створенні оптимальних (зручних) умов для отримання візуального спостереження. При цьому візуалізація у фізиці є науковим експериментальним методом, як спосіб (прийом) практичної дії і подальшого теоретичного вивчення дослідником, що спрямований на пізнання, «оволодіння» об'єктом.

Наприклад, для візуалізації течій, потоків рідин або газів в експериментальній фізиці використовуються багато методів, серед яких - уведення в потік струменів диму (для газу) або забарвленої рідини через спеціальні сопла для візуалізації ліній струму.

Так само, для візуалізації ходу оптичних променів у повітрі можна застосовувати уведення диму або пилу, дрібних крапельок (туману), тощо. Аналіз літературних джерел і фізичні спостереження показують, що для візуалізації ходу оптичних променів взагалі, та зокрема, у різних оптичних деталях під час фізичного навчального експерименту, використовується принаймні чотири методи.

1. Візуальне «провішування» променя між фіксованими у просторі послідовно уведеними і закріпленими віхами (маяками) з подальшими позначеннями (фіксацією) ліній та розрахунками (відомий у практиці будівництва ще із стародавніх часів). Відзначимо, що цей метод є практико-орієнтованим і в тій чи іншій мірі застосовується в будівництві, геодезії, архітектурі, дизайні та ін.

2. Уведення на екран паралельно-спадних до нього («ковзаючих») вузьких пучків світла від джерела світла через спеціальні вузькі щілини (як правило, їх кілька, симетричних до центральної). У цьому випадку кут падіння вузького пучка світла є близьким до 90° і на екрані досягається його «ковзаюча» візуалізація. Для цього використовують прилади: шайбу Гартля (пізніше її модернізували як демонстраційний оптичний диск), прилад з геометричної оптики Глазиріна [7, с. 282-288].

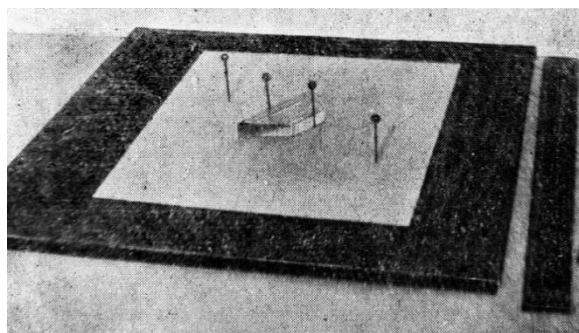
3. Нанесення графічних ліній на екрані поверх зображення спостережуваних світлових пучків після проходження в плоско-паралельній скляній пластинці, призмі, фрагментах циліндричних лінз, або їх *не спостережуваних* але теоретично доцільних уявних продовжень за тим самим напрямком (зокрема, для розсіювальної лінзи [8]). В останньому випадку необхідність додаткових побудов обумовлюється вже відомими теоретичними наслідками із методу знаходження фокуса лінзи, але не методу візуалізації.

4. Послідовне уведення і фіксація в полі зору на плоскій поверхні шпильок, з використанням їх видимого зображення в оптичній деталі (скляній пластині, дзеркалі), для ментального «провішування» і графічного позначення уявного променя між шпильками. Для цього фіксують шпильки на папері зверху дерев'яного щита «на одній лінії», коли для спостерігача вони закривають одна одну. У цьому і полягає відомий метод у позначенні ходу променів у плоско-паралельній скляній пластинці [7, с. 324] (рис.1).

Експериментальний досвід показує, що для кращої точності установки шпильок у цьому методі потрібно розташувати око на рівні паперу і, спостерігати одним оком, а відстань між шпильками повинна бути достатньо великою (орієнтовно для конкретного випадку 10 см і більше).

Як радять дослідники, для контролю і перевірки правильності розташування шпильок корисно трішки змістити око вправо, потім вліво; у тому і другому випадку розташування двох булавок і зображення по одній прямій повинно вдаватися вірним [9, с. 148].

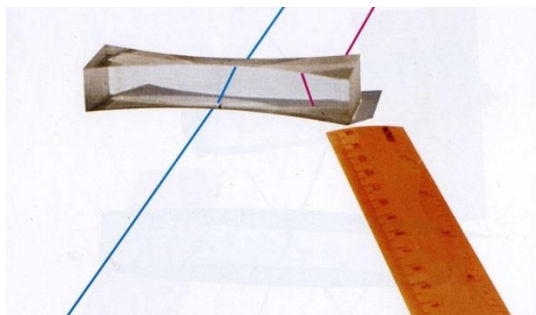
Після зняття шпильок і обведення олівцем контурів оптичної деталі, наприклад скляної плоско-паралельної пластини, роблять видимими (позначають, візуалізують) уявні оптичні промені як графічні лінії, що проведені через точки фіксації шпильок. Цей метод, що вперше описаний П. Абрагамом більше ніж століття тому [10], був відтворений у працях відомих дидактів фізики Б.С. Зворикіна, П.О. Знам'янського, О.А. Покровського, та набув поширення у шкільній практиці для проведення фронтальних лабораторних робіт (так званий «метод шпильок»).



**Рис. 1. Дошка для експериментального використання «методу шпильок» у визначенні ходу променів за О.А. Покровським**

Проведений аналіз показує, що описані вище методи визначення ходу променів при співставленні підпадають, у тій чи іншій мірі, до загальних визначень візуалізації.

Узагальнений нами для всіх основних оптичних деталей новий метод візуалізації графічних ліній в геометричній оптиці (МВГЛГО) полягає в уведенні в поле зору вже нанесених графічних ліній на площині плоскої паперової поверхні, як моделей світлових променів. Метод технологічно передбачає спостереження (візуалізацію) і подальше дослідження та графічне позначення продовження зображень ліній у різних оптичних деталях (пластинах, призмах, фрагментах циліндричних дзеркал, циліндричних лінз та їх системах). Позначення («фіксація») продовжень **спостережуваних** зображень графічних ліній проводиться за допомогою лінійки і олівця. Для цього лінію зовнішнього контура лінійки розташовують як продовження зображення лінії в оптичній деталі (рис. 2).



**Рис. 2. Визначення ходу променів у циліндричній розсіювальній лінзі з використанням методу графічної візуалізації ліній**

У такий спосіб візуалізують і визначають, як показано на рисунку 2, фокус розсіювальної лінзи, що неможливо, до речі, зробити на шайбі Гартля, чи приладі Зворикіна. Для цього додатково обводять контури лінзи та позначають («фіксують») напрями видимих вихідних зображень «потоїбчних» ліній-променів у лінзі. Спочатку, як на рисунку, а потім і самі видимі уявні вихідні зображення у просторі зображень за лінзою. Далі можна візуалізувати і принцип оборотності ходу променя, змінивши позицію спостереження.

Головна відмінність описаного методу від методу в п.3 полягає в тому, що фіксуються саме видимі, спостережувані промені-лінії (графічні промені-лінії як зображення світлових пучків, у тому числі і для фрагмента розсіювальної лінзи), що і є за логікою емпіричного пізнання, власне фізичною візуалізацією, а не «теоретично доцільними» добудовами.

При цьому зберігається розгляд фізичного явища спостереження ходу променів «у зручному для зорового спостереження і аналізу вигляді» без використання «формального» джерела світла. Стає можливе спостереження відразу кількох променів (графічних ліній) як узагальненої картини для широкого пучка променів. Метод дозволяє отримувати метричну інформацію, візуалізувати і наочно позначати подальший хід будь-якого променя (графічної лінії) у практично усіх оптичних елементах та їх системах, що моделюють різні оптичні прилади (мікроскоп, телескопи, біноклі, перископи і т.п.). Для моделей оптичних систем метод послідовно застосовується для кожного елемента окремо (редукція результуючої побудови), як це було описано нами в працях [3-4; 11-12 та ін.].

Зазначимо, що метод використовує послідовну візуалізацію фактично кілька разів: при нанесенні графічних ліній на площину паперового аркуша, як моделей світлових променів, і далі – при їх спостереженні в оптичній деталі та позначенні зображень продовжень спостережуваних ліній-променів.

Обґрунтування правомірності використання таких графічних моделей-променів базується на самих фізичних принципах геометричної оптики і положеннях відповідних державних стандартів України. За визначенням пучка світлових променів, поданого у ДСТУ 2756-94 «Геометрична оптика», світловий промінь (те саме, що і промінь світла) – промінь, який задовольняє законам прямолінійного розповсюдження в однорідному середовищі, заломлення та відбиття на межі двох середовищ, оборотності ходу променя [11].

Прототипом методу МВГЛГО, як технічного рішення задачі експериментальної графічної візуалізації в геометричній оптиці, є відомий із різних джерел «метод шпильок».

Аналіз теоретичного змісту навчальних програм, підручників і навчальних посібників із загальної фізики та геометричної оптики для вищої школи [14; 15] вказує на нові освітні можливості використання експериментального методу графічної візуалізації ліній у підготовці фахівців, що охоплюють у тій чи іншій мірі практично усі теми (наприклад: визначення кардинальних точок і головних площин товстих лінз, аберацій, ходу променів у моделях оптичних приладів і т.д.).

**Висновки.** Розвиток наукової візуалізації і вимоги у дотриманні сучасної візуальної культури у вищій школі актуалізують переосмислення і доповнення вже відомих фізичних методів експериментального дослідження та їх «демонстрування», «унаочнення» під час вивчення геометричної оптики з нових позицій. Застосування розробленого узагальненого методу візуалізації графічних ліній в геометричній оптиці (МВГЛГО) дозволяє у порівняно зручній дослідницько-експериментальній формі якісно розширити систему методів засвоєння студентами навчального матеріалу та ознайомити студентів вищої школи з прикладами експериментальної візуалізації в геометричній оптиці.

#### Список використаних джерел

1. Безуглий Д. Візуалізація як сучасна стратегія навчання. Фізико-математична освіта. 2014. № 1 (2). С. 5-11.
2. Житеньова Н.В. Сутність візуалізації в навчальному процесі. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Сер. : Педагогічна. 2013. Вип. 19. С. 18-21.
3. Павленко А.І. Графічна візуалізація ходу променів гомоцентричного пучка у плоско-паралельній пластинці. Зб. наук. праць. Уманський ДПУ ім. Павла Тичини. Київ: Науковий світ. 2001. С. 147-151.
4. Павленко А.І. Інноваційні технології навчального фізичного експерименту: геометрична оптика. Запоріжжя: Прем'єр, 2004. 120 с.
5. Семенихина Елена. Формирование у будущих учителей математики навыков динамической визуализации инструментами СКМ MAPLE. European Journal of Contemporary Education. 2014. Vol.(10), № 4, p. 265-272.
6. Философский словарь / Андрущенко И.В. и др.. Київ: А.С.К. 2006. 1056 с.
7. Покровский А.А. Оборудование физического кабинета. М.: ГУП МП РСФСР, 1958. 423 с.
8. Trifonova Olena. Studying of lenses and their properties. Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Кіровоград. 2014. Вип. 5, Ч. 1. С. 174-179.
9. Покровский А.А., Зворыкин Б.С. Фронтальные лабораторные занятия по физике в средней школе (руководство для преподавателей). М.: Изд-во АПН РСФСР, 1951. 171 с.
10. Абрагам Г. Сборник элементарных опытов по физике, составленный при участии многих физиков /Перевод с франц. под ред. проф. Б.П.Вайнберга. Ч.II. Акустика. Оптика. Электричество и магнетизм. Одесса: Mathesis, 1905. 434 с.
11. Павленко А.І. Построение изображения точки в стеклянной пластинке. Физика в школе. 2006. №1. С.64-65.
12. Павленко А.І. Експериментальне визначення ходу променів і видимого збільшення у моделях лупи, мікроскопа та телескопа. Наукові записки. Випуск 51. Ч.2. Серія: Педагогічні науки. Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В.Винниченка. 2003. С. 112-117.
13. Геометрична оптика. Терміни, визначення та літерні позначення основних величин: ДСТУ 2756-94. Чинний від 01.01.1996. К.: Держстандарт України, 1994. 44 с.
14. Загальна фізика у прикладах, запитаннях і відповідях. Оптика: навчальний посібник / В. Ф. Коваленко та ін.. К. : ВПЦ «Київський університет», 2012. 447 с.
15. Федосов И.В. Геометрическая оптика. Саратов: Сателлит, 2008. 92 с.

#### References

1. Bezuhlyi D. Visualization being a modern strategy of education. Fyzyko-matematychna osvita. 2014. № 1 (2). S. 5-11. (in Ukrainian)
2. Zhytienova N.V. The core of visualization in educational process. Zbirnyk naukovykh prats' Kam'yanets'-Podil's'koho natsional'noho universytetu im. Ivana Ohiyenka. Ser. : Pedahohichna. 2013. Vyp. 19. – S. 18-21. (in Ukrainian)
3. Pavlenko A.I. Graphical visualization of ray path of homocentric beam in plane and parallel plate //Zb. nauk. prats'. Umans'kyy DPU im. Pavla Tychny. Kyiv: Naukovyy svit. 2001. S.147-151. (in Ukrainian)
4. Pavlenko A.I. Innovative technologies of educational physical experiment: geometrical optics. Zaporizhzhya: Prem"yer, 2004. 120 s. (in Ukrainian)
5. Semenihiina Elena. Building skills of dynamic visualization for future mathematic teachers by instruments SCM MAPLE //European Journal of Contemporary Education. 2014. Vol.(10), № 4, p.265-272. (in Russian).
6. Philosophic vocabulary /Andrushchenko Y.V., Vusatyuk O.A., Lynetsky S.V., Shuba A.V. Kyiv: A.S.K. 2006. 1056 s.
7. Pokrovskij A.A. Equipment in physical laboratory. M.: HUP MP RSFSR, 1958. – 423 s. (in Russian).
8. Trifonova Olena. Studying of lenses and their properties // Naukovi zapysky. Seriya: Problemy metodyky fizyko-matematychnoyi i tekhnolohichnoyi osvity. Kirovohrad. 2014. Vyp. 5, CH. 1. S. 174-179.
9. Pokrovskij A.A., Zvorykin B.S. Frontal laboratory lessons on physics in high school (guide for teachers). – M.: Yzd-vo APN RSFSR, 1951. – 171 s. (in Russian).
10. Abragam G. Collected articles about elementary experiments on physics, worked out by many physicists /Perevod s frants. pod red. prof. B.P.Vaynberha. CH.II. Akustyka. Optyka. Elektrychestvo y mahnyetizm. Odessa: Mathesis, 1905. – 434c. + LXKHV. (in Russian).
11. Pavlenko A.Y. Building image of point in glass plate //Fyzyka v shkole. – 2006. – №1. – S.64-65. (in Russian).
12. Pavlenko A.I. Experimental determination of ray path and visible magnification in the models of lens, microscope and telescope //Naukovi zapysky. Vypusk 51. CH.2. Seriya: Pedahohichni nauky. Kirovohrad: RVTS KDPU im. V.Vynnychenka. 2003. S.112-117. (in Ukrainian)
13. Geometric optics. Terms, definitions and letters of reference for the main variables: DSTU 2756-94. Chynnyy vid 01.01.1996. K.: Derzhstandart Ukrayiny, 1994. 44 s. (in Ukrainian)

14. General Physics in examples, questions and responses. Optics: training manual / V. F. Kovalenko, I. M. Khalimonova, N. P. Kharchenko, V. M. Stetsyuk. K. : VPTS «Kyivskyy universytet», 2012. 447 s.
15. Fedosov I.V. Geometriyecheskaya optika. Saratov: Satellyt, 2008. 92 s. (in Russian).

**METHOD OF VISUALIZATION OF GRAPHICAL LINES IN GEOMETRICAL OPTICS AS AN INNOVATIVE COMPONENT  
OF IMPLEMENTATION OF EDUCATIONAL POTENTIAL FOR VOCATIONAL TRAINING IN THE HIGHER SCHOOL**

**Anatolii Pavlenko**

*Khortytsia National Educational Rehabilitation Academy, Ukraine*

**Abstract.** *In the article the analysis and generalization of different approaches in defining the main features of the experimental visualization in physics. Reviewed and analyzed the traditional methods of study of the rays in geometrical optics. The ratio is determined by traditional methods to experimental visualization in physics.*

*Reasonable and describes a new experimental method of visualizing the stroke of light rays in optical components for the study of geometrical optics. Developed a method of graphical visualization of lines in geometrical optics is the introduction of the field of view is already done graphic lines on the plane of the flat paper surface surveillance (imaging) in the optical parts. Method involves experimental designation (fixation) on paper and study is a continuation of the pictures of graphical lines (of the rays) in transparent plates, prisms, fragments of cylindrical mirrors, cylindrical lenses and their systems. Determined the prototype of the method and its history of development and application to illustrated examples. Models of the light rays are a graphical straight lines, are applied to the paper. Optical parts and graphic straight lines on a sheet of paper placed on a horizontal surface. Proved the new capabilities of the method in a pilot study. Namely, obtaining a new metric of information, the expansion of the application for different optical elements, the observation of multiple beams, phase visualization for complex models of optical devices (reduction of construction).*

*Considered the new educational opportunities of setting front physical experiment of geometrical optics on the basis of the method of visualization in the process of professional training of students of physical, physical-technical and engineering courses in high school. In particular: experimental determination of the rays and the visible increase in models of magnifier, microscope and telescope, graphical visualization of the rays homocentric beam in a plane-parallel plate, the turnover of the beam, aberration and others.*

**Key words:** *method of visualization, graphical lines, the HigherSchool, geometrical optics, education, physical experiment.*