

# МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ

## МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ

Весті БДПУ. Серія 3. 2017. № 4. С. 18–22.

УДК 53.37.091.313

UDC 53.37.091.313

**НЕКОТОРЫЯ МЕТАДИЧНЫЯ  
АСАБЛІВАСЦІ ДЭМАНСТРАЦЫЙ-  
НАГА ФІЗІЧНАГА ЭКСПЕРЫМЕНТУ  
ЯК МЕТАДА НАВУЧАННЯ**

**SOME METHODOLOGICAL  
FEATURES OF PHYSICAL  
DEMONSTRATION EXPERIMENT AS  
A METHOD OF LEARNING**

**В. Р. Собаль,**  
*доктар фізіка-матэматычных навук,  
прафесар, загадчык кафедры фізікі  
і metodyкі выкладання фізікі БДПУ;*

**V. Sobal,**  
*Doctor of Physics and Mathematics,  
Professor, Head of the Department of Physics  
and Methods of Teaching Physics, BSPU;*

**В. А. Бондар,**  
*кандыдат фізіка-матэматычных  
навук, прафесар кафедры фізікі  
і metodyкі выкладання фізікі БДПУ;*

**V. Bondar,**  
*PhD of Physics and Mathematics,  
Professor of the Department of Physics  
and Methods of Teaching Physics, BSPU;*

**Ч. М. Федаркоў,**  
*кандыдат педагагічных навук,  
дацэнт кафедры фізікі і metodyкі  
выкладання фізікі БДПУ*

**Ch. Fedarkou,**  
*PhD of Pedagogics, Associate Professor  
of the Department of Physics  
and Methods of Teaching Physics, BSPU*

Паступіў у рэдакцыю 28.03.17.

Received on 28.03.17.

У артыкуле разглядаецца тэхніка дэманстрацыйнага эксперыменту, які з'яўляецца адным з метадаў навучання фізіцы. Гаворыцца аб тым, што дэманстрацыйны эксперымент – гэта паказ фізічных з'яў, выканальнасці законаў і магчымасці іх практычнага выкарыстання. Ён, як метада навучання, носіць ілюстрацыйны характар і спрыяе стварэнню фізічных уяўленняў, фарміраванню фізічных паняццяў; канкрэтызуе, робіць больш зразумелымі і пераканаўчымі развагі выкладчыка пры выкладанні новага матэрыялу, узбуджае і падтрымлівае ў вучняў цікавасць да вывучэння фізікі. Дэманстрацыі прывучаюць навучэнцаў шукаць крыніцу ведаў па фізіцы ў з'явах знешняга свету, у эксперыменце, што мае неацэннае значэнне для фарміравання іх светапогляду. Уменні і навыкі падрыхтоўкі і правядзення на занятках метадычна эфектыўных дэманстрацый па розных тэмах курса фізікі з'яўляюцца вялікім мастацтвам.

*Ключавыя словы:* фізіка, веда, эксперымент, метада, навучанне, аберацыя, прыборы, дэманстрацыя, крыніца, лінза

The article discusses the technique of demonstration experiment, which is one of the methods of teaching physics. It states that the demonstration experiment is a display of physical phenomena, enforceability of laws and their practical use. It as an illustrative method which contributes to the creation of physical representations, the formation of physical concepts; it concretizes reasoning of the teacher in presenting new material, makes it more understandable and convincing stimulates and supports students' interest in learning physics. Demonstrations teach students to seek the source of knowledge in physics in the phenomena of the external world, in the experiment, which is invaluable for the formation of dialectic-materialistic worldview. The skills in the preparation and conducting in the classroom of methodically effective demonstrations on various topics of the physics course are a great art.

*Keywords:* physics, knowledge, experiment, method, training, metrics, tools, demonstration, source lens.

**Ф**ізіка як навука з'яўляецца найважнейшай крыніцай ведаў аб навакольным асяроддзі, асновай навукова-тэхнічнага прагрэсу і адным з галоўных кампанентаў

чалавечай культуры. У школе і ВНУ фізіка павінна разглядацца як адзін з прадметаў, якія выконваюць не толькі пазнавальную, але развівальную і выхаваўчую функцыі. Фі-

зіка, якая вывучае найбольш агульныя законы прыроды, уласцівасці і будову матэрыі, з'яўляецца эксперыментальнай навукай. Працэс навучання фізіцы заключаецца ў паслядоўным фарміраванні новых для навучэнцаў (студэнтаў і вучняў) фізічных паняццяў і тэорый на аснове фундаментальных законаў, справядлівасць якіх пацверджана фізічным эксперыментам. Вучэбны фізічны эксперымент носіць індуктыўны характар і дазваляе павысіць нагляднасць навучання і матывацыю навучэнцаў да вывучэння фізікі. Таму ён адначасова служыць крыніцай ведаў, метадам навучання і відам нагляднасці.

Пры гэтым варта памятаць, што вучэбная фізічная дэманстрацыя адрозніваецца ад звычайнага назірання актыўным умяшаннем у ход фізічных з'яў з дапамогай эксперыментальных сродкаў.

З педагагічнага пункту гледжання дэманстрацыйны эксперымент выкарыстоўваецца для вырашэння шэрагу спецыфічных задач, у прыватнасці, для ілюстрацыі тлумачэнняў выкладчыка, паглыблення і сістэматызацыі ведаў навучэнцаў аб фізічных з'явах, павышэння вучэбна-пазнавальнай цікавасці да фізічных з'яў і тэорый. Пры падрыхтоўцы дэманстрацыйных доследаў неабходна не забываць, што за рознымі раўнаннямі і разлікамі навучэнцы могуць не звярнуць увагу на прыроду тых з'яў, якія апісваюцца гэтымі раўнаннямі. Таму ў свядомасці навучэнцаў варта фарміраваць навуковы погляд аб тым, што крыніцай пазнання служыць эксперымент, вопыт і дапамагаць ім у выпрацоўцы матэрыялістычнага ўяўлення аб фізіцы як навучы аб рэальнай прыродзе.

Змест навучальных дэманстрацыйных доследаў павінен з поўнай яснасцю і выразнасцю даводзіцца да разумення кожнага навучэнца, што прымушае прад'яўляць да такіх доследаў своеасаблівыя дыдактычныя і тэхнічныя патрабаванні. Фізічныя дэманстрацыі заўсёды павінны быць выразнымі, перакананымі, дакладнымі і не выклікаць якіх-небудзь сумненняў у іх справядлівасці, не даваць падставы да няправільнага тлумачэння назіраемага выніку. Неабходная бачнасць вучэбнага дэманстрацыйнага эксперыменту дасягаецца адпаведным падборам і канструяваннем прыбораў, правільным размяшчэннем іх ва ўстаноўках і на дэманстрацыйным стале.

Шматгадовы вопыт працы [1–2] аўтараў гэтага артыкула па выкладанні курса агульнай фізікі студэнтам паказвае, што вучэбныя

фізічныя дэманстрацыі з'яўляюцца вельмі наглядным і эфектыўным метадам навучання, выкарыстанне якога прыводзіць да актывізацыі пазнавальнай дзейнасці навучэнцаў, асабліва калі ён носіць праблемны характар. Пры гэтым дэманстрацыйны эксперымент павінен адказваць прынцыпу навуковасці: паказаныя доследы ў сваёй сукупнасці павінны складаць не выпадковы іх набор, а лагічна звязаную сістэму, у якой кожны наступны вопыт развіваў бы папярэдні і абавязваўся б на яго. Важна, каб навучэнцы бачылі і разумелі гэтую лагічную ўзаемасвязь доследаў, а іх вынік не выклікаў бы сумненняў, не дапускаў няслушнага тлумачэння і ўспрымання. Таму выкладчыку варта звярнуць асаблівую ўвагу на змястоўнасць дэманстрацыі, якая прадугледжвае падбор прыбораў і стварэнне такіх умоў, якія дазваляюць у поўнай меры раскрыць сутнасць фізічнай з'явы.

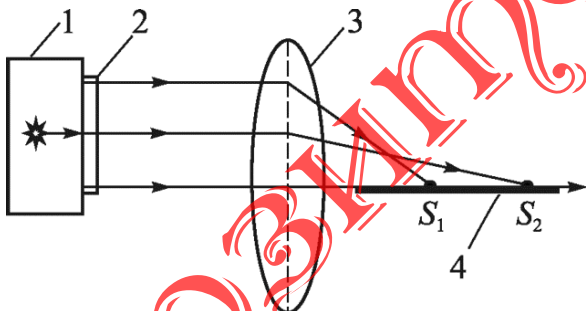
Дэманстрацыйны эксперымент па фізіцы, методыка і тэхніка яго правядзення апісаны ў шэрагу навучальных дапаможнікаў [3–6], якія выкарыстоўваюцца выкладчыкамі ВНУ і настаўнікамі школ, гімназій і каледжаў у сваёй практычнай дзейнасці на ўзроўні навучання. Але час не стаіць на месцы, усё цячэ, усё змяняецца. Выпускаюцца новыя фізічныя прыборы, змяняюцца дыдактычныя ўмовы правядзення дэманстрацыйнага эксперыменту, вывучаемыя тэмы і іх прыярытэт, удасканальваюцца методыкі. У якасці прыкладу мы прапануем свае метадычныя напрацоўкі ў плане дэманстрацыйнага эксперыменту па тэме «Аберацыі збіральных лінзаў».

Лінза – аптычны элемент, выраблены з празрыстага аптычнага матэрыялу і абмежаваны дзвюма сферычнымі паверхнямі. Выкарыстанне параксіяльных прамянёў прыводзіць да атрымання ідэальнага аптычнага відарыса. Аднак практычнае прымяненне аптычных сістэм, абмежаваных параксіяльнай вобласцю, надзвычай малое. З павелічэннем плошчы сячэння светлавых пучкоў ход прамянёў у аптычнай сістэме значна адрозніваецца ад таго, якое мае месца ў ідэальнай сістэме (лінзе). У выніку рэальныя аптычныя сістэмы даюць відарыс, толькі больш ці менш набліжаны да ідэальнага. Ступень набліжэння рэальнай аптычнай сістэмы да ідэальнай, якасць аптычнага відарыса вызначае наяўнасць аберацыі – хібнасці лінзаў. Іх разглядаюць як парушэнне гомацэнтрычнасці светлавых

пучкоў або як парушэнне размяшчэння пункта відарыса пры дзеянні рэальнай аптычнай сістэмы ў параўнанні з ідэальнай [7–10].

Наяўнасць пэўных фізічных прыбораў аптычнай накіраванасці дазваляе ажыццявіць паказ наступных абераций збіральных лінзаў: сферычную аберацию, храматычную аберацию, астыгматызм, кому, дысторсію (падушкападобную і бочкападобную).

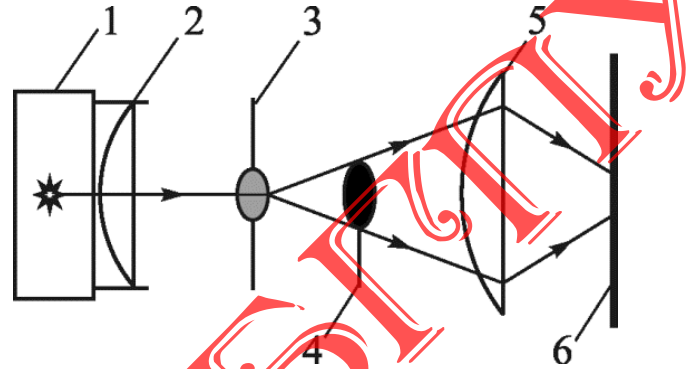
**Сферычная аберация** – аберация, абумоўленая рознай ступенню праламлення краявых і параксіяльных прамянёў. Таму, калі на лінзу накіраваць шырокі (не параксіяльны) пучок святла, то на экране, устаноўленым перпендыкулярна аптычнай восі лінзы, замест кропкі атрымліваецца расплыўчатая пляма. Для назірання гэтай аберации выкарыстоўваецца гелій-неонавы газавы лазер ЛГН-109 (1) з раздзяляльнікам (2) (спецыяльным прыстасаваннем) праменя, які дазваляе атрымаць тры прамяні (адзін параксіяльны і два краявыя), воданаліўная дэманстрацыйная збіральная лінза (3) і вымяральная лінейка (4) (рысунак 1). Уздоўж вымяральнай лінейкі распаўсюджваецца параксіяльны прамень, а краявыя прамяні ўтвараюць на ёй дзве кропкі, адлегласць  $S_1, S_2$  паміж якімі вызначае велічыню падоўжнай сферычнай аберации.



Рысунак 1

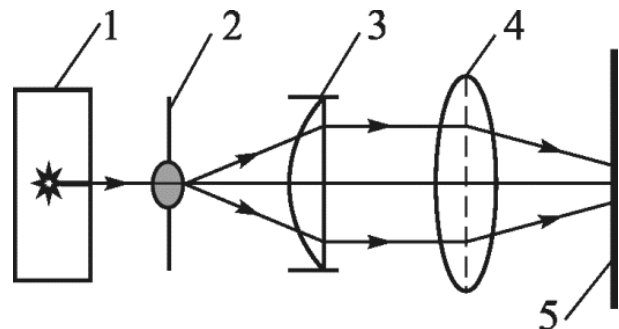
**Храматычная аберация** – аберация, якая ўзнікае з прычыны таго, што паказчык матэрыялу лінзы аказваецца неаднолькавым для святла з рознымі даўжынямі хваль, што прыводзіць да размыцця відарыса пры выкарыстанні немонахраматычнага святла. Назіраць гэтую аберацию можна наступным чынам: у якасці крыніцы святла варта ўзяць універсальны праекцыйны апарат з аптычнай лавай (1), кандэнсар (2) якога складаецца з адной плоскавыпуклай лінзы, за ім змясціць круглую дыяфрагму ( $d = 9$  мм) з рассеивальнікам (3), круглы экран (4), які

закрывае цэнтр доследнай лінзы (5), ролю якой выконвае другая плоскавыпуклая лінза кандэнсара і экран (6) (рысунак 2). Пры гэтым на экране будзе назірацца светлая круглая пляма, вонкавы край якой афарбаваны ў жоўты колер, а яе цэнтр будзе сінім ( $\lambda_{ж} > \lambda_{с}$ ).



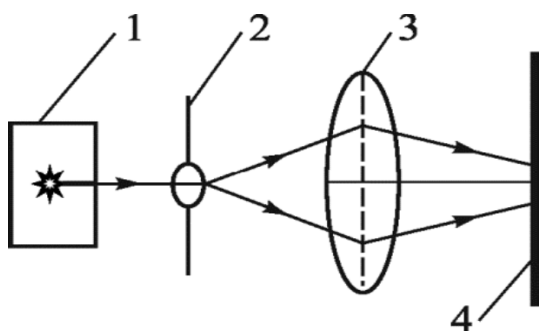
Рысунак 2

**Астыгматызм** – гэта аберация касых промняў. Вядома, што праламленне на перыферы лінзы зусім іншае, чым у цэнтры. Сферычная лінза на перыферы вядзе сябе як тарычная, гэта значыць, што астыгматызм з'яўляецца вынікам касога падзення светлавых промняў. У гэтым выпадку пучкі прамянёў, якія выходзяць з аднаго пункта аб'екта, не перасякаюцца ў адным пункце, а размяшчаюцца ў выглядзе двух узаемна перпендыкулярных адрэзкаў (сагітальнага і мерыдыяльнага), якія знаходзяцца на некаторай адлегласці адзін ад аднаго. Для назірання астыгматычнай аберации варта ўзяць універсальны праекцыйны апарат (1) без кандэнсара, за ім размясціць круглую дыяфрагму ( $d = 6$  мм) (2) з рассеивальнікам, усталяваць каліметр (3) у выглядзе адной плоскавыпуклай лінзы, затым пад вуглом каля  $60^{\circ}$ – $70^{\circ}$  паставіць доследную лінзу (4), у якасці якой варта ўзяць дэманстрацыйную воданаліўную збіральную лінзу, а для назірання выніку выкарыстаць экран (5) (рысунак 3).



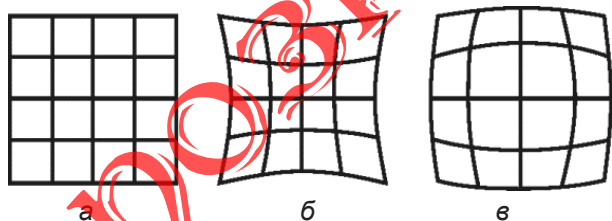
Рысунак 3

Кома – аберация, якая ўзнікае пры касым праходжанні светлавых прамянёў праз лінзу пры яе нахільным становішчы. Кома-аберация дае відарыс, падобны на камету. У гэтым выпадку дэманстрацыйная ўстаноўка складаецца з праекцыйнага апарата (1) без кандэнсара, круглай дыяфрагмы ( $d = 5 \text{ мм}$ ) (2), дэманстрацыйнай воданаліўной лінзы (3) і экрана (4) (рысунак 4). Пры павароце лінзы на экране ўзнікае светлавая пляма з хвостом, пры гэтым відарыс зрушваецца тым далей, чым на большы вугал паварочваецца лінза, а хвост пры гэтым даўжэе.



Рысунак 4

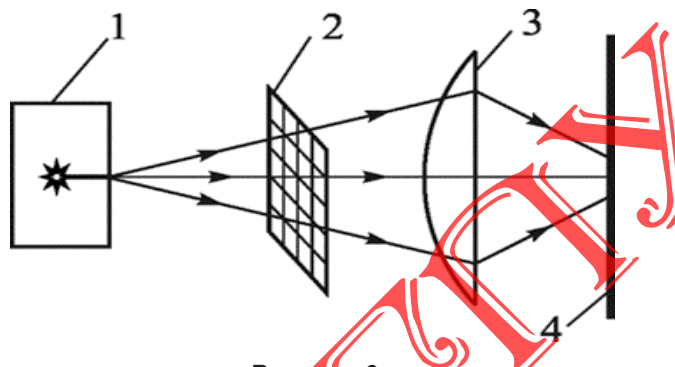
Дысторсія – у выніку гэтай аберации ўзнікае парушэнне падабенства відарыса прадмета. Прычына складаецца ў тым, што лінейнае павелічэнне, якое даецца лінзай, залежыць ад вугла падзення прамянёў. Яна не парушае рэзкасць відарыса, а ўносіць скажэнні ў яго форму. Дысторсія (рысунак 5) праяўляецца ў тым, што відарыс правільнага квадрата (а) атрымліваецца ў выглядзе «падушкі» (б) (падушкападобная, або станоўчая, дысторсія) або «бочкі» (в) (бочкападобная, або адмоўная, дысторсія).



Рысунак 5

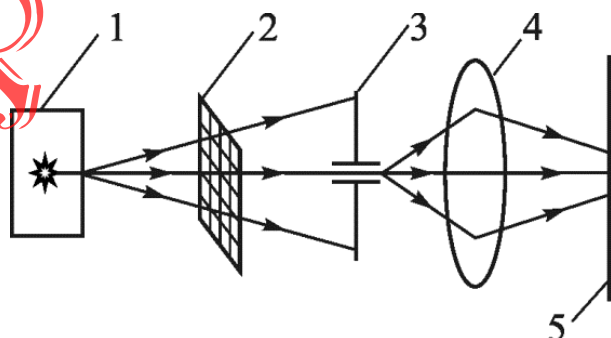
Падушкападобная дысторсія – у выпадку гэтай аберации паралельныя лініі выгінаюцца да цэнтра тым больш, чым далей ад цэнтра яны знаходзяцца (рысунак 5а). Для назірання падушкападобнай дысторсии варта выкарыстоўваць універсальны праекцыйны апарат (1) без кандэнсара, аптычную сетку (2), плоскавыпуклую лінзу (3), якая знаходзіцца ў кандэнсары, і экран (4) (рысунак 6). Доследную лінзу варта ставіць выпук-

лым бокам да асвятляльніка. Рэзкасць цэнтральных і краявых абласцей відарыса дасягаецца перамяшчэннем доследнай лінзы (3).



Рысунак 6

Бочкападобная дысторсія – у гэтым выпадку прамыя лініі скрываюцца так, што ўвагнутым бокам яны звернутыя да цэнтра відарыса (рысунак 5б). Для атрымання такога тыпу дысторсии выкарыстоўваюць праекцыйны апарат (1), аптычную сетку (2), дыяфрагму (3), доследную лінзу (4) і экран (5) (рысунак 7). Становішча сеткі паміж кандэнсарам і дыяфрагмай варта падабраць такое, каб пры перамяшчэнні лінзы на экране атрымліваўся рэзкі відарыс сеткі ў бочкападобным выглядзе.



Рысунак 7

Такім чынам, выкарыстоўваючы прапанаваную методыку і тэхніку фізічнага дэманстрацыйнага эксперыменту, можна рэальна назіраць хібнасці збіральных лінзаў. Пры гэтым варта звярнуць увагу навучэнцаў на той факт, што любая аберация прыводзіць да скажэння аптычнага відарыса, змяняе яго якасць. Таму ў аптычных сістэмах гэтыя хібнасці ліквідуюць тэхнічна. Ліквідаваць аберации магчыма толькі падборам спецыяльна разлічаных складаных аптычных сістэм. Адначасовае выпраўленне ўсіх недахопаў – задача вельмі складаная, а часам нават невырашальная. Таму звычайна ліквідуюцца цалкам толькі тыя хібы, якія ў тым ці іншым выпадку асабліва шкодныя.



З'яву сферычнай аберацыі можна ліквідаваць далучэннем да збіральнай лінзы, лінзу расейвальную, гэта значыць сумяшчэннем станоўчай і адмоўнай лінзаў, якія маюць супрацьлеглы характар аберацыі. Гэтыя лінзы вырабляюцца з розных гатункаў шкла і з адпаведнымі радыусамі крывізны паверхняў. Аберацыя кома ліквідуецца адначасова са сферычнай аберацыяй падборам лінзаў. Аб'ектывы, у якіх адсутнічаюць кома і сферычная аберацыя, называюцца апланатамі. Для ліквідацыі храматычнай аберацыі ўжываюць лінзы з аптычнага шкла з рознымі паказчыкамі праламлення. Калі ліквідаваная храматычная аберацыя ў двух асноўных частках спектра, то аб'ектывы называюцца ахраматамі. Дысторсія ліквідуецца пры дапамозе дзвюх лінзаў і размяшчэннем дыяфрагмы паміж імі. Аптычная сістэма без дысторсіі называецца ортаскапічнай. У лічбавай фатаграфіі дысторсія можа быць выпраўленая з дапамогай камп'ютарнай апрацоўкі. Астыгматызм найбольш цяжка ліквідуецца. Для яго ліквідацыі лінзы падбіраюцца адпаведным чынам па крывізне, таўшчыні, каэфіцыенту праламлення. Велічыня паветраных прамежкаў паміж асобнымі лінзамі павінна быць пэўнай. Аб'ектывы з ліквідаваным астыгматызмам называюцца анастыгматамі.

Разгледжаныя метадычныя асаблівасці дэманстрацыйнага эксперыменту дазваля-

юць навучэнцам ярчэй узнавіць у памяці вывучаемы матэрыял, глыбей унікнуць у сутнасць фізічных з'яў і заканамернасцяў, больш глыбока адзначыць уласцівасці вывучаемага аб'екта.

Уменні і навыкі падрыхтоўкі і правядзення на занятках метадычна эфектыўных дэманстрацый па розных тэмах курса фізікі з'яўляюцца вялікім мастацтвам.

Дыдактычнай эфектыўнасці любога вучэбнага дэманстрацыйнага эксперыменту можна дасягнуць толькі пры пэўнай метадыцы і тэхніцы яго паказу. Адным з галоўных метадычных патрабаванняў да працэсу паказу з'яўляецца арганічная сувязь дэманстрацыйнага доследу з выкладаннем вучэбнага матэрыялу. Для ажыццяўлення такой сувязі дэманстрацыі павінны быць кароткачасовымі, але пры гэтым лімітавана пераканаўчымі і яснымі. Выкладчыку варта памятаць, што мала атрымаць ад прыбора тое, што вы жадаеце. Трэба яшчэ паказаць гэта ўсім навучэнцам так, каб у іх не ўзнікла ніякіх сумненняў у правільнасці вашых слоў, каб фізічная з'ява запамнілася, як карціна, якая ўразіла іх погляд. Толькі ў гэтым выпадку мы можам казаць аб паспяховасці дэманстрацыйнага эксперыменту. Кожная вучэбная дэманстрацыя павінна быць непаўторнай, як і твор мастацтва.

#### ЛІТАРАТУРА

1. Общая физика. Практикум : учеб. пособие / В. А. Бондарь [и др.] ; под общ. ред. В. А. Яковенко. – Минск : Выш. шк., 2008. – 572 с.
2. Бондар, В. А. Курс агульнай фізікі. Оптыка / В. А. Бондар. – Мінск : Выш. шк., 1995. – 223 с.
3. Демонстрацыйны эксперымент па фізіцы в сярэдняй школе. Частка I / под общ. ред. А. А. Покровского. – М. : Просвещение, 1978. – 351 с.
4. Демонстрацыйны эксперымент па фізіцы в сярэдняй школе. Частка II / под общ. ред. А. А. Покровского. – М. : Просвещение, 1979. – 287 с.
5. Лекцыйныя дэманстрацыі па фізіцы / М. А. Грабовский [и др.] ; под ред. В. И. Ивероновой – М. : Наука, 1965. – 572 с.
6. Методика і тэхніка дэманстрацыйнага эксперыменту па курсу фізікі сярэдняй школы : практыкум : в 3 ч. / В. И. Богдан. – Минск : БГПУ, 2006. – 110 с.
7. Ландсберг, Г. С. Оптика / Г. С. Ландсберг. – М. : Физматлит, 2003. – 848 с.
8. Бутиков, Е. И. Оптика / Е. И. Бутиков. – М. : Лань, 2012. – 608 с.
9. Шепелев, А. В. Оптика. Краткий курс / А. В. Шепелев, Г. Х. Китаева. – М. : Красанд, 2016. – 80 с.
10. Маскевич, А. А. Оптика. Учебное пособие / А. А. Маскевич. – М. : Инфра-М, 2017. – 656 с.

#### REFERENCES

1. Obshchaya fizika. Praktikum : ucheb. posobiye / V. A. Bondar [i dr.]; pod obshch. red. V. A. Yakovenko. – Minsk: Vysh. shk., 2008. – 572 s.
2. Bondar, V. A. Kurs agulnay fiziki. Optyka / V. A. Bondar. – Minsk: Vysh. shk., 1995. – 223 s.
3. Demonstratsionnyy eksperiment po fizike v sredney shkole. Chast I / pod obshch. red. A. A. Pokrovskiy. – M. : Prosveshcheniye, 1978. – 351 s.
4. Demonstratsionnyy eksperiment po fizike v sredney shkole. Chast II / pod obshch. red. A. A. Pokrovskiy. – M. : Prosveshcheniye, 1979. – 287 s.
5. Lektsionnyye demonstratsii po fizike / M. A. Grabovskiy [i dr.]; pod red. V. I. Iveronovoy – M. : Nauka, 1965. – 572 s.
6. Metodika i tekhnika demonstratsionnogo eksperimenta po kursu fiziki srednyaya shkola : praktikum: v 3 ch. / V. I. Bogdan. – Minsk: BGPU, 2006. – 110 s.
7. Landsberg, G. S. Optika / G. S. Landsberg. – M. : Fizmatlit, 2003. – 848 s.
8. Butikov, Ye. I. Optika / Ye. I. Butikov. – M. : Lan, 2012. – 608 s.
9. Shepelev, A. V. Optika. Kratkiy kurs / A. V. Shepelev, G. Kh. Kitayeva. – M. : Krasand, 2016. – 80 s.
10. Maskevich, A. A. Optika. Uchebnoye posobiye / A. A. Maskevich. – M. : Infra-M, 2017. – 656 s.