ФЕРМА ПРИНЦИПИ ВА ЁРУҒЛИКНИНГ ҚАЙТИШ ВА СИНИШ ҚОНУНЛАРИНИ ЎРГАНИШ ТАЖРИБАСИДАН

А.Ортиқов, А.Ҳакимов

В статье на основе геометрических представлений и принципа Ферма выводятся основные формулы законов отражения и преломления света.

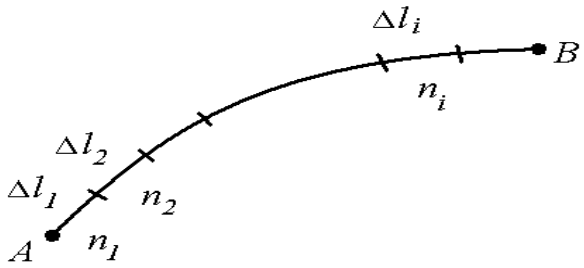
In this article was mentioned the basis of geometrical representations and principle. The fermas of the basic formulas the reflection of the law and refraction of light are deduced.

Олий таълим тизимининг физика, математика ва табиий фанлар бакалавриат босқичидаги физика практикумларида “Ёруғликнинг қайтиш ва синиш қонунлари”ни ўрганиш муҳим аҳамиятга эга. Практикумларда ўргатиладиган бу мавзуга доир назарий тушунчаларнинг ўта қисқалиги уларнинг моҳиятини тушунишга тўла имконият бермайди. Шунинг учун ушбу физика практикуми тавсифида ишни бажаришда зарур бўлган барча асосий назарий тушунчалар баён қилинади. Практикумни бажаришдан олдин талабаларнинг назарий маълумотларни тўла ўзлаштирган бўлишлари талаб қилинади. Айниқса, ёруғликнинг қайтиш ва синиш ҳодисаларининг физик моҳияти, уларнинг математик модели, яъни асосий формулаларини изоҳли келтириб чиқарилиши мақсадга мувофиқ. Чунки ушбу ифодалар жуда содда деб ҳисобланган сабабли оптикага оид дарслик ва қўлланмаларда қайтиш ва синиш қонунлари таърифланади-да, уларнинг формулаларини тайёр ҳолда келтириш билан кифояланилади. Афсуски, мавжуд барча практикум китобларида ҳам шу принципга амал қилинади. Худди шундай чекланганлик, камчилик геометрик оптикага доир барча мавзуларнинг назарий баёнида ҳам кузатилади [1,2]. Натижада геометрик оптика қонунларини келтириб чиқаришда қўлланиладиган принципларнинг амалий аҳамияти очилмай қолиб кетади. Талабаларда турли муҳитларда жойлашган линзаларнинг “йиғувчи” ва “сочувчи” линзаларга “айланиши”нинг туб моҳияти ҳақидаги тўғри тасаввурларнинг шаклланиши қийин кечади. Иккинчи томондан, геометрик оптика қонунларини баён қилишда оптиканинг асосий принциплари ҳисобланган Ферма ва Гюйгенс-Френель принципларининг амалий татбиқлари бўйича деярли ҳеч қандай маълумотлар берилмайди, мисоллар келтирилмайди. Шу нуқтаи-назардан синиш ва қайтиш қонунларини Ферма принципи асосида келтириб чиқариш, уни тажрибада кузатиш жуда катта амалий ва услубий аҳамият касб этади. Агар талабаларда практикумни бажаришдан аввал шу принципларни қўллаш борасида дастлабки тасаввурлар ҳосил қилинса, улар геометрик оптика қонунларини тўғри тушуниш ва шарҳлаш имконига эга бўладилар [3]. Ферма принципи асосида синиш ва қайтиш қонунларини келтириб чиқаришни батафсил кўриб чиқайлик. Бу принципга кўра, ёруғлик манбадан кузатувчига энг кам вақт сарф бўладиган йўл орқали етиб келади. Бир жинсли, оптик изотроп муҳитда бу йўл тўғри чизиқдан иборат бўлади. Ёруғлик тўлқини икки муҳит чегарасига тушганда, оптик анизотропия — бир жинслимаслик туфайли, яъни синдириш кўрсаткичларининг ўзгариши натижасида қайтиш ва синиш ҳодисалари рўй беради.

1. Ферма принципининг асосий моҳиятини изоҳлаш ва математик ифодасини келтириб чиқариш.

Ёруғлик оптик бир жинсли бўлмаган муҳитда А нуқтада турган манбадан В нуқтадаги кузатувчига келаётган бўлсин. У ҳолда Ферма принципига кўра қуйидаги учта ҳолат ўринли бўлади:

1. Ёруғлик манбадан кузатувчига энг кам вақт сарфлайдиган йўл орқали келади $\delta t = 0$. (1)



2. Ёруғлик босиб ўтган йўлдан олинган биринчи вариация нолга тенг бўлади $\delta l = 0$. (2)

3. Оптик йўл $(l) = n_i l_i$ (3) га кўра қуйидаги йиғиндидан аниқланади:

$$(AB) = (l) = (\Delta l_1) + (\Delta l_2) + ... + (\Delta l_n) = n_1\Delta l_1 + n_2\Delta l_2 + ... + n_n\Delta l_n = \sum_{i=0}^{k} n_i\Delta l_i \ . \quad (4)$$

Лимитда, яъни $dt \to 0$ да йиғиндини интегралга алмаштириш мумкин:

$$(AB) = (l) = \int_A^B ndl \qquad (5)$$

Ёруғликнинг dl масофани ўтиш вақти dt учун

$$dt = \frac{dl}{\upsilon} \qquad (6)$$

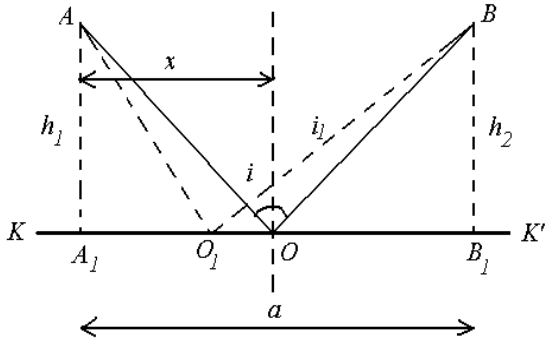
ифодани оламиз. Бу ифодада υ - ёруғликнинг n синдириш кўрсаткичли муҳитдаги тезлиги. У ҳолда А дан В гача ёруғликнинг "ўтиш" вақти қуйидагига тенг бўлади:

$$t = \int_A^B \frac{dl}{\upsilon} = \int_A^B \frac{ndl}{c} = \int_A^B \frac{dl}{c} \qquad (7)$$

Иккинчи томондан, Ферма принципига кўра, вақтдан олинган биринчи вариация нолга тенг:

$$\delta t = \delta\int_A^B \frac{dl}{\upsilon} = \delta\int_A^B \frac{dl}{c} = 0 \qquad (8)$$

Бу формула Ферма принципининг математик ифодасидир. Юқорида таъкидлаганимиздек, бу принцип асосида қайтиш ва синиш қонунларининг ифодаларини келтириб чиқариш мумкин.



2. Ферма принципи асосида қайтиш қонунини келтириб чиқариш

А нуқтадан чиқаётган ёруғлик КК¹ кўзгудан қайтиб В нуқтага келсин. Ферма принципига кўра, энг кам вақт оралиғида ёруғлик босиб ўтадиган йўлни аниқлайлик. А ва В нуқталарда КК¹ кўзгу сиртига перпендикуляр туширайлик. Бу перпендикулярлар КК¹ кўзгунинг A_1 ва B_1 нуқталарига тушади. Қуйидагича белгилашлар киритиб олайлик:

$$A_1O = x\,;\ A_1B_1 = a = Const\,;\ A_1A = h_1\,,\ B_1B = h_2$$

У ҳолда ёруғликнинг А нуқтадан В нуқтагача етиб келиш вақтини қуйидаги формула

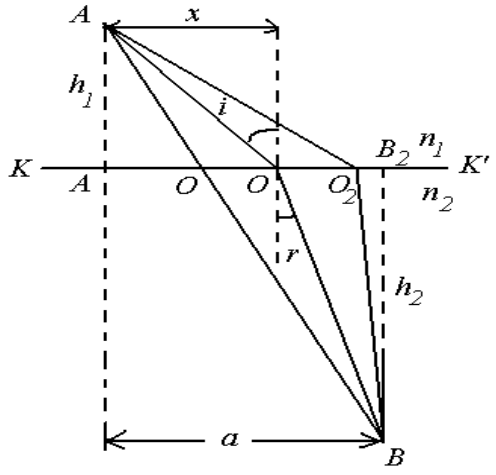
$$t = \frac{AO}{\upsilon} + \frac{OB}{\upsilon} = \frac{\sqrt{h_1^2 + x^2}}{\upsilon} + \frac{\sqrt{h_2^2 + (a-x)^2}}{\upsilon}$$ дан аниқлаш мумкин. Бу ифодада υ-ёруғликнинг тезлиги. Бу вақт 0 нуқтанинг вазиятига боғлиқ бўлади. Ферма принципидан эса қуйидаги

$$dt = \frac{1}{\upsilon}\frac{x}{AO} + \frac{1}{\upsilon}\frac{a-x}{OB} = \frac{1}{\upsilon}(Sin\ i + Sin\ i_1) = 0$$ ифодани оламиз. Бу ифода 0 га тенг бўлиши учун $Sin\ i + Sin\ i_1 = 0$ бўлиши керак. Бундан эса $Sin\ i = -Sin\ i_1$ келиб чиқади. Минус ишора і ва i_1 бурчаклар сиртга ўтказилган нормалнинг қарама-қарши томонларида жойлашганлигини кўрсатади. Яъни $|i| = |i_1|$ тушиш ва қайтиш бурчаклари тенг

бўлади. Юқоридагилардан тушувчи нур АО, қайтувчи нур ОВ ва нурнинг тушиш нуқтаси О да сиртга ўтказилган нормал бир текисликда ётиши ҳам келиб чиқади.

3.**Ферма принципи асосида синиш қонунини келтириб чиқариш**

Маълумки, ёруғлик оптик зичликлари турлича бўлган икки муҳит чегарасида синиб, ўз йўналишини ўзгартиради. А нуқтадан чиқаётган нур КК[1] сиртга тушиб, икки муҳит $(n_1 \neq n_2)$ чегарасида синсин ва В нуқтага келсин. Муҳитларнинг синдириш кўрсаткичлари мос ҳолда n_1 ва n_2 бўлсин. Мазкур ҳол учун



$$A_1O = x\,,\ A_1B_1 = a = Const\,,$$

$A_1A = h_1\,,\ B_1B = h_2$ белгилашларни киритайлик. А дан В га нурнинг ҳаракат вақтини t билан белгиласак, бу вақтнинг қийматини

$$t = \frac{\sqrt{h_1^2 + x^2}}{\upsilon_1} + \frac{\sqrt{h_2^2 + (a-x)^2}}{\upsilon_2}$$

формула орқали аниқлаймиз. Бу формулада υ_1 ва υ_2 – ёруғликнинг мос ҳолда n_1 ва n_2 муҳитлардаги тезлиги бўлсин. Бу вақт О нуқта вазиятига боғлиқ бўлади. Нур AO_1B, AOB, AO_2B йўлларидан энг кам вақт сарф бўладиганини “танлайди”. Яъни

$$dt = \frac{1}{\upsilon_1}\frac{x}{AO} + \frac{1}{\upsilon_2}\frac{a-x}{OB} = \frac{Sin\ i}{\upsilon_1} + \frac{Sin\ r}{\upsilon_2} = 0$$ (1) ни оламиз.

$$\frac{Sin\ i}{\upsilon_1} + \frac{Sin\ r}{\upsilon_2} = 0$$ (2) дан $$\frac{Sin\ i}{Sin\ r} = \frac{\upsilon_1}{\upsilon_2} = \frac{n_2}{n_1}$$ (3) келиб чиқади. Бу синиш қонунининг математик ифодасидир. Талабалар назарий маълумотларни ўрганиб, қайтиш ва синиш қонунларини ўлчашлар орқали амалда бевосита текшириб кўрадилар. Ишнинг бажарилиш тартиби муаллифлар томонидан чиқарилган практикумларда алгоритм кўринишида батафсил келтирилган [3].

“Кундузги вақтнинг узайиши”, сароб ва ёруғлик нурларининг айланувчанлигини ўрганиб, изоҳлаб беришни талабаларга уй вазифаси қилиб берилса, уларнинг Ферма принципининг моҳияти ва қўлланишини янада чуқурроқ ўзлаштириши учун имкон яратилади. Кейинги мақолаларда геометрик оптиканинг бошқа принциплари, хусусан, Гйюгенс–Френель принципи асосида қайтиш ва синиш қонунларини келтириб чиқариш, линзаларнинг йиғиш ва сочиш шартлари ва геометрик оптиканинг бошқа қонунларини тушунтириш бўйича батафсил маълумотлар берилади.

Адабиётлар:

1. Годжаев Н.М. Оптика.- М.: Высшая школа, 1977
2. Ландсберг Г.С. Оптика.- Т.: Ўқитувчи, 1981
3. Парпиев Қ., Ортиқов А. ва бошқалар. Умумий физикадан практикум. Электромагнетизм, Оптика, Квант физикаси.- Андижон, 2002

Андижон давлат университети,
2009 йил 20 апрелда қабул қилинган
(Тақризчи: проф. И.Н.Каримов)