



ISSN 1818-8575

2 / 2017

ВЕСЦІ БДУ



Серыя 3

ФІЗІКА

МАТЭМАТЫКА

ІНФАРМАТЫКА

БІЯЛОГІЯ

ГЕАГРАФІЯ

МЕТОДЫКА ВЫКЛАДАННЯ

МЕТОДЫКА ВЫКЛАДАННЯ ФІЗИКІ

Весці БДПУ. Серыя 3. 2017. № 2. С. 34–39.

УДК 535.4(07)

UDC 535.4(07)

МЕТАДЫЧНЫ ПАДЫХОД ПРЫ РАШЭННІ ПРАКТЫЧНЫХ ЗАДАЧ ПА ТЭМЕ «ІНТЭРФЕРЭНЦЫЯ СВЯТЛА»

METHODICAL APPROACH TO THE SOLUTION OF PRACTICAL PROBLEMS ON THE TOPIC “INTERFERENCE OF LIGHT”

В. Р. Собаль,

*доктар фізіка-матэматычных навук,
прафесар, загадчык кафедры фізікі
і методыкі выкладання фізікі БДПУ;*

Ч. М. Федаркоў,

*кандыдат педагагічных навук,
дацэнт кафедры фізікі і методыкі
выкладання фізікі БДПУ;*

В. А. Бондар,

*кандыдат фізіка-матэматычных навук,
прафесар кафедры фізікі і методыкі
выкладання фізікі БДПУ*

V. Sobal,

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

Ch. Fedarkou,

*Candidate of Pedagogic, Associate
Professor of the Department of Physics
and Methods of Teaching Physics, BSPU;*

V. Bondar,

*Candidate of Physics and Mathematics,
Professor of the Department of Physics
and Methods of Teaching Physics, BSPU*

Паступіў у рэдакцыю 12.04.16.

Received on 12.04.16.

Вядома, што вывучэнне фізікі патрабуе не толькі засваення вызначанай сумы ведаў. Вопыт і педагагічныя даследаванні паказваюць, што сапраўднае веданне фізікі ўзнікае толькі тады, калі ў час яе вывучэння фарміруецца лагічнае мысленне – паслядоўная сістэма аналізу з’яў прыроды, якая цесна звязана з выразнымі разумовымі дзеяннямі, якія выхоўваюць неабходную дысцыпліну гэтага мыслення. Методыка рашэння практычных задач павінна пастаянна шукаць тыя шляхі навучання, якія вядуць да фарміравання такіх уменняў, якія дазваляюць навучэнцу самастойна і эфектыўна рашаць амаль любую задачу па фізіцы. Паказана, што паспяховасць рашэння задач па тэме «Інтэрферэнцыя святла» гарантавана, калі выконваць прапанаваны алгарытм. Прыведзены прыклады рашэння задач па фізіцы.

Ключавыя словы: веды, метады, з’ява, інтэрферэнцыя, задача, прыклады, рашэнне, самастойнасць, паспяховасць.

It is known that the study of physics requires not only the assimilation of a certain amount of knowledge. Experience and educational research show that true knowledge of physics only occurs when during its study is a logical thinking – formed a coherent system of analysis of natural phenomena, which is closely related to expressive mental activities that teach the necessary discipline of this thinking. Method of solving practical problems should always seek the ways of studying that lead to the formation of the skills that allowing a student to effectively solve almost any problem in physics by himself. It is shown that the successful solution of tasks on the theme “Interference of light” is guaranteed, if you follow the proposed algorithm. Examples of solving problems in physics are described in the article.

Keywords: knowledge, interference, problem, examples, solving the problems, independence.

Сучасны стан і тэмпы развіцця навукі, жыццё і вытворчасць патрабуюць ад сістэмы адукацыі глыбокага раскрыцця сэнсу і зместу фундаментальных прынцыпаў фізікі. У працэсе выкладання неабходна раскрыць навучэнцам фундаментальныя законы фізікі ў дзеянні і іх практычным прымянен-

ні, даць правільнае разуменне матэрыяльнага свету ў яго адзінстве і шматграннасці, а таксама аб крыніцах ведаў і шляхах развіцця навукі ў цэлым. Пры гэтым важным з’яўляецца фарміраванне ў вучняў і студэнтаў уменняў самастойна прымяняць асноўныя заканамернасці і законы ў практычнай дзей-

насці, бачыць дзеянне гэтых законаў у новых адкрыццях і дасягненнях тэхнікі. Для гэтага трэба пастаянна ўдасканальваць формы і метады працэсу навучання, якія фарміруюць уменні і навыкі рашэння практычных задач па тых тэмах, што арыентаваны на развіццё творчай самастойнай работы вучня (студэнта) і на сучасны момант навукова-тэхнічнага прагрэсу з'яўляюцца прыярытэтнымі.

Вывучэнне фізікі патрабуе не толькі засваення вызначанай сумы ведаў. Вядома, што сапраўднае веданне фізікі ўзнікае толькі тады, калі ў час яе вывучэння фарміруецца лагічнае мысленне – паслядоўная сістэма аналізу з'яў прыроды, якая цесна звязана з выразнымі разумовымі дзеяннямі, якія выходзяць неабходную дысцыпліну гэтага мыслення.

У сучасны момант фізіка рашае шэраг фундаментальных і прыкладных задач і мае шмат кірункаў свайго развіцця. Адзін з іх – знаходжанне магчымасцей, форм і метадаў выкарыстання законаў фізікі і ўласцівасцей матэрыяльных цел для патрэб чалавека. Ад гэтага кірунку не павінна адставаць і сучасная сістэма адукацыі. Методыка рашэння практычных задач павінна пастаянна шукаць тых шляхі навучання, якія вядуць да фарміравання такіх уменняў, якія дазваляюць навучэнцу самастойна і эфектыўна рашаць амаль любую задачу па фізіцы.

Эфектыўнасць навучання ў многім залежыць ад дыдактычных метадаў, якія выкарыстоўваюцца для падачы інфармацыі школьнікам ці студэнтам. Розныя дысцыпліны, акрамя агульных метадаў іх вывучэння, маюць і свае прыватныя. Да іх ліку адносіцца і фізіка. Часта сустракаюцца сітуацыі, калі вучань нядарна ведае тэорыю, але не ўмее прымяняць яе на практыцы, рашаць фізічныя задачы і самастойна праводзіць лабараторныя эксперыменты.

Навучыць школьніка ці студэнта рашаць задачы па фізіцы зусім не проста. І веданне адной тэорыі тут недастаткова. Фізічная задача з'яўляецца мадэллю вызначанай фізічнай з'явы з вядомымі і невядомымі велічынямі, якія характарызуюць гэту з'яву. Пры гэтым невядомыя велічыні вызначаюцца шляхам аналізу фізічнай з'явы з дапамогай адпаведных фізічных законаў, якім яна падпарадкоўваецца.

У сувязі з вышэйадзначаным пры правядзенні ўрокаў (практычных заняткаў) па рашэнні фізічных задач трэба ўлічваць роз-

ны ўзровень падрыхтаванасці вучняў (студэнтаў) да гэтага віду дзейнасці. Адсюль вынік – шэраг урокаў павінны быць прысвечаны рашэнню асноўных (класічных) задач па дадзенай тэме [1, с. 146–152; 2, с. 397–404; 3, с. 227–231; 4, с. 132–137; 5, с. 199–205; 6, с. 266–277]. Вядома, што ў курсе фізікі ёсць тэмы, якія выклікаюць у навучэнцаў пэўныя цяжкасці пры іх вывучэнні. Таму для стварэння першапачатковых навыкаў рашэння задач па такіх тэмах дыдактычна мэтазгодна карыстацца спачатку алгарытмічнымі метадамі.

Вопыт работы паказвае, што паспяховае рашэнне задач патэме «Інтэрферэнцыя святла» гарантавана, калі выконваць наступныя алгарытмічныя прадпісанні:

1. Пабудаваць рысунк згодна з умовай задачы.

2. Удакладніць, у якім святле вядзецца назіранне інтэрферэнцыйнай карціны (адбітым ці праходзячым).

3. Высветліць прычыну ўзнікнення аптычнай рознасці ходу паміж прамянямі, што інтэрферыруюць, і з рысунка вызначыць яе велічыню Δ .

4. Пры вызначэнні аптычнай рознасці ходу Δ не трэба забываць, што пры адбіцці святла ад больш шчыльнага аптычнага асяроддзя светлавая хваля змяняе сваю фазу на π ці гавораць, што яна губляе $\lambda/2$. Трэба звярнуць увагу на тое, што ў шэрагу дапаможнікаў і зборнікаў задач па фізіцы страта $\lambda/2$ бярэцца як са знакам «-», так і са знакам «+». Гэта не мае прынцыповага значэння.

5. На падставе атрыманай велічыні Δ і ў залежнасці ад зместу задачы запісаць умовы максімуму ($\Delta = 2k \frac{\lambda}{2}$) ці мінімуму

$$(\Delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}) \text{ інтэрферэнцыі.}$$

6. З сістэмы раўнанняў атрымаць выраз для шукаемай велічыні.

7. У атрыманы выраз падставіць значэнні вядомых велічынь і атрымаць лікавае значэнне шукаемай велічыні.

8. Правесці аналіз і адпаведныя параўнанні атрыманага выніку.

Разгледзім шэраг прыкладаў рашэння практычных задач з дапамогай прапанаванага алгарытму

Задача 1. На пласцінку ($n_1 = 1,5$), яка знаходзіцца ў паветры ($n \approx 1$), нанесена празрыстая плёнка ($n_2 = 1,4$). Вызначце найменшую таўшчыню плёнку, калі ў выніку інтэрферэнцыі адбітыя прамяні максімальна аслабленыя, а святло ($\lambda = 500$ нм) падае на плёнку нармальна.

$$\begin{array}{l} n_1 = 1,5 \\ n_2 = 1,4 \\ \lambda = 500 \text{ нм} \\ k = 0 \\ d_{\min} = ? \end{array}$$

Згодна з умовай задачы разглядаем інтэрферэнцыю ў адбітым святле (рысунак 1). Святло ідзе ад крыніцы S, і ў пункце O прамењ SO разбіваецца на два прамяні: прамењ 1, які адбіваецца ў пункце O ад паверхні плёнку і губляе $\lambda/2$ у сувязі з тым, што $n_2 > n$; і прамењ 2, які ўваходзіць у плёнку, адбіваецца ад пласцінкі ў пункце A і ідзе ў тым жа напрамку, што і прамењ 1, пры гэтым ён таксама губляе $\lambda/2$, таму што $n_1 > n_2$.

Калі інтэрферэнцыю назіраць у плоскасці B, то аптычны шлях для першага прамяня

$$L_1 = SO \cdot n + \frac{\lambda}{2} + OB \cdot n,$$

для другога прамяня

$$L_2 = SO \cdot n + OA \cdot n_2 + \frac{\lambda}{2} + AO \cdot n_2 + OB \cdot n.$$

Аптычная рознасць ходу прамяняў роўная:

$$\Delta = L_2 - L_1 = 2AO \cdot n_2 = 2dn_2.$$

Згодна са зместам задачы запісваем умову мінімуму (таму што прамяні аслабленыя)

$$\Delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}.$$

Такім чынам, $2dn_2 = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$, пры $k=0$

маем $4d_{\min} \cdot n_2 = \lambda$, адкуль $d_{\min} = \frac{\lambda}{4n_2}$.

Лікавае значэнне найменшай таўшчыні плёнку роўнае:

$$d_{\min} = \frac{500 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 1,4} \approx 8,9 \cdot 10^{-8} \text{ м.}$$

Адказ: найменшая таўшчыня

плёнку $d_{\min} \approx 89$ нм.

Задача 2. На шкляны клін ($n = 1,5$), які знаходзіцца ў паветры ($n_a \approx 1$), падае нармальна пучок святла ($\lambda = 550$ нм). Вугал кліна роўны 20° . Вызначце колькасць светлых інтэрферэнцыйных палос, якія прыходзяцца на адзінку даўжыні кліна.

$$\begin{array}{l} n = 1,5 \\ \lambda = 550 \text{ нм} \\ \alpha = 20^\circ \end{array}$$

N = ?

У сувязі з тым, што вугал кліна α вельмі малы, вуглы падзення і праламлення прамяняў на паверхнях кліна блізкія да нуля, і значэнні іх сінусаў лічым роўнымі нулю. Два першых кагерэнтных прамяня (1 і 2) узнікаюць на таўшчыні кліна h_1 , два другіх (1' і 2') – на таўшчыні h_2 . Няхай ℓ – адлегласць паміж крайнімі светлымі інтэрферэнцыйнымі палосамі, якія ўзнікаюць на таўшчынях h_1 і h_2 кліна. Назіраюцца палосы ў плоскасці BB_1 (рысунак 2).

Паказчык праламлення навакольнага асяроддзя $n_a \approx 1$. Не забываем, што прамені 1 і 1' пры адбіцці адпаведна ў пунктах O і O_1 губляюць па $\lambda/2$ ($n > n_a$). У пункце B назіраецца інтэрферэнцыйная паласа, утвораная прамянямі 1 і 2, рознасць ходу якіх роўная:

$$\Delta_1 = L_2 - L_1 =$$

$$= (BO \cdot n_1 + OA \cdot n + AO \cdot n + OB \cdot n_1) -$$

$$- (BO \cdot n_1 + \frac{\lambda}{2} + OB \cdot n_1) = 2AO \cdot n - \frac{\lambda}{2} = 2h_1 n - \frac{\lambda}{2}.$$

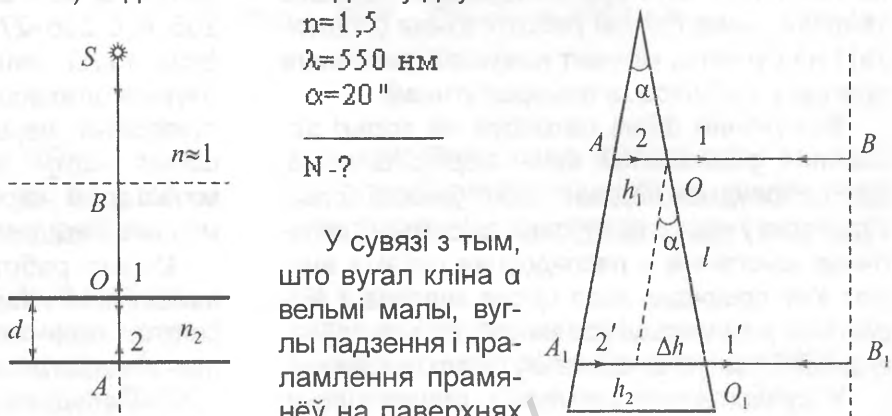
Разважаючы аналагічна, для прамяняў 1' і 2' атрымаем:

$$\Delta_2 = L_2' - L_1' = (B_1O_1 \cdot n_1 + O_1A_1 \cdot n + A_1O_1 \cdot n + O_1B_1 \cdot n_1) -$$

$$- (B_1O_1 \cdot n_1 + \frac{\lambda}{2} + O_1B_1 \cdot n_1) = 2A_1O_1 \cdot n - \frac{\lambda}{2} =$$

$$= 2h_2 n - \frac{\lambda}{2}.$$

Згодна са зместам задачы запісваем умовы максімуму для гэтых дзвюх інтэрферэнцыйных палос, якія знаходзяцца на адлегласці ℓ адна ад другой:



Рысунак 2

$$2h_1 n - \frac{\lambda}{2} = 2k_1 \frac{\lambda}{2}, \quad 2h_2 n - \frac{\lambda}{2} = 2k_2 \frac{\lambda}{2}.$$

У выніку адымання першай роўнасці ад другой атрымаем:

$$2n(h_2 - h_1) = (k_2 - k_1)\lambda,$$

дзе $k_2 - k_1 = \Delta k$ – лік светлых інтэрферэнцыйных палос на даўжыні ℓ . Такім чынам,

$$\Delta h = \frac{\Delta k \lambda}{2n}. \text{ У той жа час з рысунка } \Delta h = \ell \operatorname{tg} \alpha.$$

У выніку атрымліваем, што колькасць светлых палос $N = \frac{\Delta k}{\ell} = \frac{2n \Delta h \operatorname{tg} \alpha}{\lambda \Delta h} \approx \frac{2n \alpha}{\lambda}$,

таму што $\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha$.

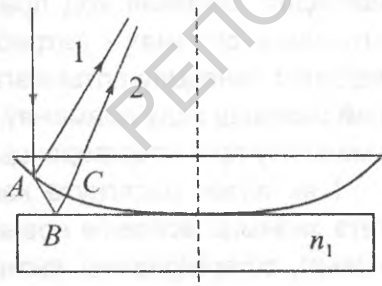
Лікавае значэнне колькасці інтэрферэнцыйных палос роўнае:

$$N = 2 \cdot 1,5 \cdot \pi / (550 \cdot 10^{-9} \cdot 180 \cdot 60 \cdot 60) = 529 \text{ м}^{-1}.$$

Адказ: на адзінку даўжыні шклянога кліна прыходзіцца 529 светлых інтэрферэнцыйных палос.

Задача 3. На ўстаноўку для атрымання кольцаў Ньютана падае нармальна монахраматычнае святло ($\lambda = 550 \text{ нм}$). Вызначце таўшчыню паветранага слоя паміж лінзай і шкляной пласцінкай ($n_1 \approx 1,5$), якая вызначае рознасць ходу праменяў, якія ў адбітым святле ўтвараюць 5-е светлае інтэрферэнцыйнае кольца.

$$\begin{aligned} \lambda &= 550 \text{ нм} \\ n &= 1 \\ k &= 5 \\ d &=? \end{aligned}$$



Рысунк 3

Прамень, які падае на ўстаноўку Ньютана (рысунк 3), у пункце А разбіваецца на два прамені: прамень 1, які адбіваецца ў пункце А ад сферычнай паверхні лінзы і выходзіць з яе; прамень 2, што ўваходзіць у паветраны клін (зазор) ($n \approx 1$), адбіваецца ў пункце В ад пласцінкі і пры гэтым губляе $\lambda/2$, таму што $n_1 > n$, праходзіць лінзу і інтэрферыруе з праменем 1. Пры гэтым лічым, што шляхі АВ і ВС практычна роўныя з-за малога вугла кліна ($AB \approx BC = d$). Аналіз руху праменяў паказвае, што іх аптычная рознасць ходу роўная:

$$\Delta = L_2 - L_1 = 2dn + \lambda / 2.$$

Згодна са зместам задачы мы павінны разглядаць светлае кольца – умову максімуму:

$$\Delta = 2k\lambda / 2.$$

Такім чынам, $2dn + \lambda / 2 = 2k\lambda / 2$, адкуль

$$d = \frac{(2k - 1)\lambda}{4n}.$$

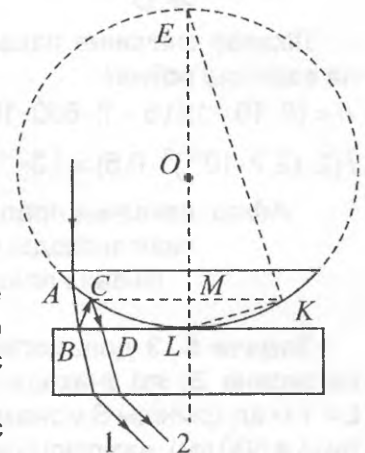
Лікавае значэнне таўшчыні слоя роўнае:

$$d = (2 \cdot 5 - 1) \cdot 550 \cdot 10^{-9} / (4 \cdot 1) = 1,24 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

Адказ: таўшчыня паветранага слоя, на якой утвараецца 5-е светлае інтэрферэнцыйнае кольца, роўная 1,24 мкм.

Задача 4. Паміж шкляной плоскапаралельнай пласцінкай і плоскавыпуклай лінзай ($n_1 = n_2 = n_3 = 1,5$), што ляжыць на ёй, знаходзіцца вадкасць. Вызначце паказчык праламлення гэтай вадкасці, калі пры назіранні ў праходзячым святле ($\lambda = 600 \text{ нм}$) радыус 10-га цёмнага кольца Ньютана 2,2 мм. Аптычная сіла лінзы 0,5 дптр. Святло падае на ўстаноўку нармальна.

$$\begin{aligned} n_1 &= 1,5 \\ \lambda &= 600 \text{ нм} \\ k &= 10 \\ r &= 2,2 \text{ мм} \\ D &= 0,5 \text{ дптр} \\ n &=? \end{aligned}$$



Рысунк 4

Папярэдне ўдакладнім, што $OL = R$ – радыус лінзы (рысунк 4); $MK = r$ – радыус 10-га цёмнага інтэрферэнцыйнага кольца; $ML = d$ – таўшчыня зазору паміж лінзай і пласцінкай, якая адпавядае дадзенаму цёмнаму кольцу.

Прамень, што падае на ўстаноўку Ньютана, у пункце А ўваходзіць у клінападобны зазор, затым у пункце В разбіваецца на два прамені: прамень 1, які праходзіць зазор, праламляецца ў пласцінцы і выходзіць з устаноўкі; прамень 2, які двойчы адбіваецца ад больш шчыльнага асяроддзя ($n_1 > n$) у пунктах В і С, пры гэтым губляе даўжыню хвалі λ , што не прыводзіць да змянення характару інтэрферэнцыйнай карціны, і выходзіць з устаноўкі.

У сувязі з тым, што вугал кліна малы, $AB \approx BC \approx CD = d$. Пры гэтым аналіз руху праменяў паказвае, што іх аптычная рознасць ходу роўная:

$$\Delta = L_2 - L_1 = 2dn.$$

Згодна са зместам задачы запісваем умову мінімуму:

$$\Delta = (2k + 1)\lambda / 2.$$

З дзвюх апошніх роўнасцей атрымліваем $2dn = (2k + 1)\lambda / 2$.

З трохвугольнікаў ΔEKM і ΔMKL маем

$$\frac{r}{d} = \frac{2R - d}{r}, \text{ адкуль } r^2 = (2R - d)d.$$

Улічваючы, што велічыня d малая, атрымліваем $r \approx \sqrt{2Rd}$. З геаметрычнай оптыкі запісваем выраз для аптычнай сілы плоскавыпуклай лінзы $D = (n_1 - 1) / R$.

Рашэнне адпаведнай сістэмы раўнанняў дае выраз для паказчыка праламлення вадкасці, якая запаўняе зазор:

$$n = \frac{(2k + 1)(n_1 - 1)\lambda}{2r^2 D}.$$

Лікавае значэнне паказчыка праламлення вадкасці роўнае:

$$n = (2 \cdot 10 + 1)(1,5 - 1) \cdot 600 \cdot 10^{-9} /$$

$$/ (2 \cdot (2,2 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,5) = 1,3.$$

Адказ: паказчык праламлення вадкасці, якая знаходзіцца ў зазоры паміж лінзай і пласцінкай, роўны 1,3.

Задача 5. З дапамогай люстэрка Лойда на экране Э, які знаходзіцца на адлегласці $L = 1$ м ад крыніцы S монахраматычнага святла ($\lambda = 500$ нм), назіраюць інтэрферэнцыйную карціну. Вызначце, максімум ці мінімум будзе назірацца ў пункце В, у які трапляе прамень SB, паралельны плоскасці люстэрка Л, і прамень SAB, які адбіваецца ад люстэрка. Адлегласць паміж праменем SB і плоскасцю люстэрка $d = 2$ мм.

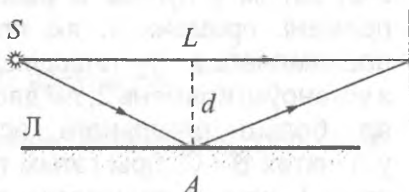
$$L = 2 \text{ м}$$

$$\lambda = 500 \text{ нм}$$

$$d = 4 \text{ мм}$$

N-?

Аптычная рознасць ходу праменяў SAB і SB да пункта



Рысунк 5

В (рысунк 5) складае: $\Delta = SA + AB + \frac{\lambda}{2} - SB$.

Пры гэтым лічым, што $SA \approx AB$ і з трохвугольніка ΔSLA знаходзім $SA = \sqrt{(L/2)^2 + d^2}$.

Згодна са зместам задачы запісваем умову максімуму (мінімуму) $\Delta = N \frac{\lambda}{2}$. У выніку

алгебраічных пераўтварэнняў атрымліваем

$$\text{выраз } N = \frac{2(2\sqrt{(L/2)^2 + d^2} - L)}{\lambda} + 1.$$

Пры падстаноўцы лікавых даных атрымліваем, што

$$N = \frac{2(2\sqrt{(2/2)^2 + (4 \cdot 10^{-3})^2} - 2)}{500 \cdot 10^{-9}} - 1 = 64.$$

Такім чынам лік $N = 64$ з'яўляецца цотным, а гэта азначае, што ў пункце В інтэрферэнцыйнай карціны, якая атрымліваецца з дапамогай люстэрка Лойда, будзе назірацца максімум.

З прыкладаў, якія мы разгледзелі, вынікае, што алгарытмічны метады пры рашэнні задач па тэме «Інтэрферэнцыя святла» з'яўляецца эфектыўным і карысным для фарміравання першапачатковых практычных уменняў і навыкаў, якія будуць неабходны навучэнцам для іх далейшай творчай дзейнасці. Гэты метады выключае запамінанне гатовых формул, наглядна паказвае ход праменяў у розных аптычных сістэмах і патрабуе перш за ўсё ведання паняццяў аптычнага шляху і аптычнай рознасці ходу праменяў, умоў максімуму і мінімуму пры інтэрферэнцыі.

І як толькі дасягнута канчатковая мэта, гэта значыць асвоены новыя веды, уменні і навыкі, сфарміраваны вызначаны ўзровень разумовага развіцця навучэнцаў, лічыцца, што дадзены метады выканаў свае дыдактычныя функцыі.

ЛІТАРАТУРА

1. Сборник задач по физике. 10–11 классы: пособие для учащихся учреждений общ. сред. образования / В. В. Жилко, Л. Г. Маркович. – Минск : Аверсэв, 2015. – 253 с.
2. Савченко, Н. Е. Решение задач по физике : учеб. пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. / Н. Е. Савченко. – Минск : Вышэйш. шк., 1999. – 479 с.
3. Сборник задач по физике : учеб. пособие / В. А. Бондарь [и др.]; под общ. ред. В. А. Яковенко. – Минск : БелЭн, 2003. – 336 с.
4. Зборнік задач па курсе агульнай фізікі : вучэб. дапам. / М. С. Цэдрык [і інш.]; пад агул. рэд. М. С. Цэдрыка. – Мінск : Вышэйш. шк., 1993. – 276 с.
5. Иродов, И. Е. Задачи по общей физике / И. Е. Иродов. – М. : Наука, 1979. – 368 с.
6. Общая физика: сборник задач : учеб. пособие / В. А. Яковенко [и др.]; под общ. ред. В. Р. Соболя. – Минск : Вышэйш. шк., 2015. – 455 с.

REFERENCES

1. Sbornik zadach po fizike. 10–11 klasy: posobiye dlya uchashchikhsya uchrezhdeniy obshch. sred. obrazovaniya / V. V. Zhilko, L. G. Markovich. – Minsk : Aversev, 2015. – 253 s.
2. Savchenko, N. Ye. Resheniye zadach po fizike : ucheb. posobiye. – 3-ye izd., pererab. i dop. / N. Ye. Savchenko. – Minsk : Vysheysh. shk., 1999. – 479 s.
3. Sbornik zadach po fizike : ucheb. posobiye / V. A. Bondar [i dr.]; pod obshch. red. V. A. Yakovenko. – Minsk : BelEn, 2003. – 336 s.
4. Zbornik zadach pa kurse agulnay fiziki: vucheb. dapam. / M. S. Tsedryk [i insh.]; pad agul. red. M. S. Tsedryka. – Minsk : Vysheysh. shk., 1993. – 276 s.
5. Irodov, I. Ye. Zadachi po obshchey fizike / I. Ye. Irodov. – M. : Nauka, 1979. – 368 s.
6. Obshchaya fizika: sbornik zadach : ucheb. posobiye / V. A. Yakovenko [i dr.]; pod obshch. red. V. R. Sobolya. – Minsk : Vysheysh. shk., 2015. – 455 s.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ