Annuaire de l'Université de Sofia "St. Kliment Ohridski", Faculté de Physique, 97, 2004

ОТ ОТГОВОРА НА ФИЗИЧНАТА ЗАДАЧА КЪМ НЕЙНОТО НАЧАЛНО УСЛОВИЕ

МАЙЯ ВАЦКИЧЕВА, ЛЮДМИЛ ВАЦКИЧЕВ*

Катедра "Методика на обучението по физика"
* *Катедра "Радиофизика и електроника"*

Майя Вацкичева, Людмил Вацкичев. ОТ ОТГОВОРА НА ФИЗИЧНАТА ЗАДАЧА КЪМ НЕЙНОТО НАЧАЛНО УСЛОВИЕ

Разглеждат се логическите стъпки за решаване на „прави“ физични задачи, като се започне от данните в началните условия и физичните зависимости между тях, които водят до общото решение и числения отговор на задачата. Решението на „обратната“ задача е построено на аналогични стъпки. Те започват от числения отговор, който "подсказва" в кой раздел от физиката може да се построи „обратното решение“. Избраният раздел определя от кои физични зависимости може да се търси и намери логичната връзка, водеща към една от многобройните възможности да се определи началното условие на задачата.

Maya Vatzkitcheva, Ludmil Vatzkitchev. FROM THE ANSWER TO THE INITIAL CONDITIONS OF THE PHYSICS PROBLEM

The logical steps of solving the "direct" physics problems starting from the initial conditions and ending with the solution, and the numerical answer are discussed. The solution of the "reverse" problem is built on the similar steps. Starting from the numerical answer with "a prompt" what is the physics section where we can build "the reverse solution". The physics section determines the physics dependencies between which we can search and find the logic connection, following to one of the many possibilities to determine the initial conditions of the problem.

Keywords: physics education, physics problem, physics solution
PACS number: 01.04.Ej

1. ВЪВЕДЕНИЕ

При решаването на количествени физични задачи в средното училище най-често се използва алгоритъм, който включва няколко последователни логически стъпки. Най-напред трябва да се анализира условието на задачата и да се определи към кой раздел на физиката се отнасят описаното явление, дадените и търсените величини. След това се избира една от зависимостите, в която влиза търсената величина и някоя от зададените. В нея се заместват постепенно неизвестните величини с помощта други физични зависимости между тях и зададените в условието. Накрая се достига до формула, от която неизвестната величина се определя посредством величините, зададени в началното условие. Тази формула представлява общото решение на задачата. В него могат да фигурират и физични константи, които не са посочени в условието, а се считат за известни от уроците по физика или се вземат от справочни таблици. Във формулата на общото решение се заместват числените стойности на зададените в началното условие физични величини и константи. От тях се пресмята числената стойност на търсената величина и нейното измерение. Полученият резултат от пресмятането е число (размерна или безразмерна величина) и представлява отговор на задачата. Логическите стъпки, които следва описаният алгоритъм, започващи от условието и стигащи до отговора, ще наричаме решение на *физична задача* [1].

2. СЪЩНОСТ НА АНАЛИЗА

Възможно ли е да обърнем логическия ход на решението, като от даден отговор на задача достигнем до началните условия, при които се стига до този отговор? За да отговорим на този въпрос, нека разгледаме конкретен пример, който ще наречем *обратна физична задача* [1]. Нейният текст е:

Формулирайте физична задача, чийто числен отговор е 1,333.

По принцип съществува безкрайно множество от физични задачи, чиито начални условия биха довели до отговора – число 1,333. Затова ще се опитаме да намерим началното условие на поне една задача от това множество. Даденият отговор е число, към което не е посочена мерна единица, така че вероятно се касае за безразмерна величина. Самата стойност 1,333 не е често срещана във физиката. Опитът, който имаме при решаване на прави задачи от всички физични раздели,ще ни подскаже, че може би става дума за показател на пречупване на светлината при преминаването ѝ от една оптична среда в друга. Отваряме учебника по физика или справочника в раздел "Оптика" и в съответната таблица намираме, че 1,333 е оптичен показател на пречупване на светлината при преминаването ѝ от въздух във вода. Така достигаме до идеята да съставим задача от оптиката, което е първата и (може би) най-трудна стъпка в решението на обратната задача. За да реализираме тази идея, нека направим следващата стъпка, като си припомним в какви (поне една или две) физични зависимости участва показателят на пречупване.

Логично е първо да си припомним дефиницията за показателя на пречупване n. Той се определя от отношението на скоростта c на светлината във вакуум към скоростта u в прозрачна среда:

$$n = \frac{c}{u}. \tag{1}$$

Скоростта на светлината във вакуум $c = 3.10^8$ m/s намираме от таблица и щом $n = 1,333$, скоростта на светлината във водата трябва да бъде

$$u = \frac{c}{n} = \frac{3.10^8}{1{,}333} = 2{,}25.10^8\,\mathrm{m}\ /\ \mathrm{s}. \tag{2}$$

И така, вече сме готови да формулираме едно начално условие, което води (с приближение до третия знак) до числения отговор 1,333:

При преминаване от въздух във вода скоростта на светлината става $2,25.10^8$ m/s. *Определете показателя на пречупване на водата.*

Тази формулировка е отговорът на обратната задача, поставена по-горе. До него стигахме, правейки някои предположения, подсказани ни от числото 1,333. Те обаче не са единствено възможните – обратната задача има множество решения, свързани в случая и с други физични зависимости [2]. От вълновата оптика например е позната зависимостта между показателя на пречупване и дължините на светлинната вълна λ_0 и λ при преминаването ѝ през границата между вакуум (въздух) и друга оптична среда: $\lambda_0 = n\lambda$. Известна е и връзката между честота ν, дължина на вълната λ_0 и скорост на светлината c във вакуум: $\lambda_0\nu = c$), която позволява търсеното условие да се усложни чрез използването на повече от една физична зависимост, например:

Светлинен лъч с честота $\nu = 5,1.10^{14}$ Hz *преминава от въздух в друга оптична среда, в която дължината на вълната му е* 441 nm. *Колко е показателят на пречупване?*

За да се убедим, че такава формулировка води (с приближение) до показателя $n = 1,333$, ще пресметнем първо λ_0 от посочената по-горе зависимост $\lambda_0\nu = c$, откъдето получаваме $\lambda_0 = 588$ nm. Тогава

$$n = \frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{588}{441} = 1{,}333. \tag{3}$$

Как избрахме точно тези стойностите на честотата ($5,1.10^{14}$ Hz) и на дължината на вълната (441 nm)? При избора на честотата се ръководим само от общи съображения – нейната стойност да бъде примерно във видимия светлинен спектър (от 4.10^{14} Hz до $7,5.10^{14}$ Hz). Избраната стойност за ν заместваме в $\lambda_0\nu = c$, откъдето пресмятаме λ_0. Като заместим λ_0 и n в $\lambda_0 = n\lambda$ намираме числената стойност за λ, необходима за съставяне на горното условие. Така в него ще фигурират други начални условия, но те също ще водят до отговора $n = 1,333$.

Решение на обратната задача може да се потърси и в геометричната оптика. Законът на Снелиус например ни дава връзката на показателя n със синусите на ъгъла на падане α и ъгъла на пречупване β, измерени съответно между падащия (пречупения) светлинен лъч и перпендикуляра към границата между двете оптични среди:

$$n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}. \tag{4}$$

Не е трудно да се досетим, че ако изберем за един от ъглите произволна стойност, но все пак по-малка от $90°$ (например $\alpha = 60°$, при $n = 1,333$ от израза (4) може да се намери $\sin\beta = 0,65$, или $\beta = 40,5°$. Тогава търсеният отговор на обратната задача може да бъде формулиран така:

Ъгълът на падане на светлинен лъч от въздуха към границата с друга оптична среда е $60°$*, а ъгълът на пречупване –* $40,5°$*. В каква оптична среда е преминал светлинният лъч?*

След като от израза (4) пресметнем $n = 1,333$, от справочната таблица намираме, че такъв показател има водата (или друга оптична среда с $n = 1,333$). Така че горната формулировка води до числения отговор, заложен в обратната задача, с обяснение за какъв физичен обект (водата) става дума.

Допълнителен вариант за решение на обратната задача дава зависимостта при пълно вътрешно отражение

$$\sin\alpha = \frac{1}{n}, \tag{5}$$

от която лесно може да се пресметне ъгълът $\alpha = 48,6°$. Това води до следната формулировка на задачата:

Светлинен лъч е насочен от вода към въздух и претърпява пълно вътрешно отражение при ъгъл на падане $48,6°$*. Колко е показателят на пречупване на водата?*

Тази формулировка е поредният възможен отговор на обратната задача. Общото между всички дискутирани по-горе решения е, че при тях бяха използвани зависимости от един раздел на физиката (оптиката). Учениците биха се насочили към търсене на решение за обратната задача именно в оптиката, ако този раздел е актуален в часовете по физика и вече имат придобит опит от решаването на традиционните прави физични задачи. Изборът на раздел от физиката, в който да се търси решение на обратна задача, е първата, но може би най-трудна стъпка, за която не винаги има "подсказка" (както в числото 1,333). Има случаи, когато дадената стойност на числото отхвърля възможността то да бъде приписано на физична величина от определен раздел. Ако вместо 1,333 числото беше например 5,333, това не би могъл да бъде показател на пречупване, просто защото такава стойност за n не съществува в реалните оптични среди. Ако освен числото бе зададено (или предположено) и неговото измерение (например 1,333 m/s), това би показало, че отговорът е физичната величина скорост или изменението на скоростта. Така се откриват прекалено широки възможности за намиране на поне една формулировка на задача, водеща до такъв отговор. Многообразието обаче не трябва да ни смущава, защото всяка формулировка, намерена чрез предположения, в които се използват коректно физичните зависимости, има своята евристична стойност. Предположенията, съчетани с логични разсъждения, изискват по-задълбочено усвояване на учебния материал и по-богата практика за приложението му във физичните задачи. Многообразието от възможни решения на обратните задачи стимулира личното отношение на ученика към физиката, провокира интересни хрумвания и оригинални решения с нарастваща сложност [3].

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обратните физични задачи имат място в учебния процес и тяхната логика е построена на същата основа, на която се изгражда отношението на физиците към наблюдаваните физични обекти. Наблюдавайки резултата от едно ново физично явление, ученият първо се пита кои са началните условия, при които явлението възниква. Както в обратните физични задачи се питаме при какви условия се получава даденият отговор. В логичните обяснения и при двата случая се крие есенцията на това, което наричаме физика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вацкичев, Л. *Математика и физика*, **1**, 1971, 42.
2. Вацкичева, М., Л. Вацкичев, Р. Чакалов. *Год. на СУ – Физически факултет*, **95**, 2002, 5.
3. Вацкичева, М. В: *Сб. докл. 31 Нац. конф. по физика,* Силистра 2003, 231.

Постъпила март 2004 г.

Майя Вацкичева
Софийски университет "Св. Климент Охридски"
Физически факултет
Катедра "Методика на обучението по физика"
Бул. „Дж. Баучър" 5
1164 София, България
E-mail: maya_70@abv.com

Людмил Вацкичев
Софийски университет "Св. Климент Охридски"
Физически факултет
Катедра "Радиофизика и електроника"
Бул. „Дж. Баучър" 5
1164 София, България
E-mail: lyuvats@phys.uni-sofia.bg