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

РЕСТАВРАЦИЯ НА ФИЗИЧНИТЕ ЗАДАЧИ

ЛЮДМИЛ ВАЦКИЧЕВ, МАЙЯ ВАЦКИЧЕВА*

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

Людмил Вацкичев, Майя Вацкичева. РЕСТАВРАЦИЯ НА ФИЗИЧНИТЕ ЗАДАЧИ

Разглеждат се логическите стъпки за възстановяване на физични задачи, в които липсват някои данни в началното условие на задачата и в обозначенията на величините от физичните зависимости, използвани в решението. В този смисъл реставрация на физичната задача е свързана с решение на "обратната" задача, в която логическите стъпки са насочени от отговора към началното условие на задачата. Резултатът от реставрацията води до пълно възстановяване на условието на задачата и нейното решение, но понякога може да се намери и алтернативен вариант.

Ludmil Vatzkitchev, Maya Vatzkitcheva. RESTORATION OF THE PHYSICS PROBLEMS

The logical steps of the physics problem restoration in the absence of some data from the initial condition and from the values included in the physical dependences of the solution are discussed. In this meaning restoration of the physics problem is connected with the solution of the "reverse" problem where the logical steps are directed from the answer to the initial solution. The result of the restoration provides the complete building of the condition and the solution of the problem, but some times it might be find its alternative variant.

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

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Латинският термин "*реставрация*" означава възстановяване, възобновяване на съществуваща ситуация, обект или явление и най-често се използва при оценката на исторически събития или в изкуството. Терминът не се среща при решаването на традиционни физични задачи в средното училище, защото при тях най-често се използва алгоритъм, който включва няколко последователни логически стъпки, водещи от условието на задачата до нейното решение и краен резултат. Когато решението води до погрешен резултат обаче е необходимо да се направи проверка, която да открие къде е допусната грешка и тя да бъде поправена, след което да се предприемат последващите логически стъпки. Допусната грешка може да се третира като дефект, който се поправя при проверката. Откриването на дефекта (когато се касае за съществена, а не печатна грешка), изисква добро познаване на физичните величини и зависимости, имащи отношение към задачата. Като дефекти могат да се третират пропуски и непълноти в условието на задачата и решението ѝ, които могат да се възстановят, т. е. реставрират чрез логическа процедура, почиваща на физични знания. Не е задължително тази процедура да води до един-единствен резултат – според избора ѝ може да се получи повече от едно решение като резултат от реставрацията.

2. ЦЕЛ НА РЕСТАВРАЦИОННИЯ АНАЛИЗ

Целта е да се намери поне едно ново описание на дадена физична задача, съдържащо начално условие и коректно решение, което описание отговаря максимално на формулировката и решението на задача в нейния първоначален вид (с дефекти). Новото описание отстранява дефектите в решението и при необходимост допълва началните условия на задачата, представяйки я коректно от логична и физична гледна точка. В този смисъл реставрацията не води непременно до пълно възстановяване на физичната задача в първоначалния ѝ авторски замисъл и очаквано решение, а представлява възможна (алтернативна) реализация на този замисъл. Така се осъществява нова творческа формулировка на задачата и нейното решение като резултат от познанията и собствените идеи на учителя (ученика), който ги използва.

3. РЕАЛИЗАЦИЯ НА РЕСТАВРАЦИОННИЯ АНАЛИЗ

Логическите стъпки при реставрационния анализ зависят от формулировката на задачата и дефектите в нея, които ще илюстрираме с конкретни примери. Ето първият от тях:

Автомобил се движи със средна скорост 72 km/h. *Намерете изминатия път и преместването на автомобила след време* 2 h.

В първоначалната формулировка на задачата е допуснат дефект – не е посочен видът на траекторията на автомобила. За да се реши задачата, трябва първо да се предположи най-простата по форма траектория – праволинейната. Тогава от закона за пътя при праволинейното движение с дадената средна скорост намираме, че изминатия път е

$$s = v_{\text{ср}} t = 72\ [\text{km/h}] \cdot 2\ [\text{h}] = 144\ \text{km}. \qquad (1)$$

За да се намери преместването Δr на автомобила, трябва да предположим, че то е не само праволинейно, но и еднопосочно, т. е. при движението си автомобилът може би е променял скоростта си, но не и посоката на движение (не се е връщал обратно). При еднопосочно движение преместването и изминатият път съвпадат и тогава може да запишем, че

$$\Delta r = s = 144 \text{ km}. \tag{2}$$

Вече можем да поправим дефекта в първоначалното условие на задачата, като добавим във формулировката ѝ двете предположения – че движението е праволинейно и еднопосочно:

Автомобил се движи праволинейно и еднопосочно със средна скорост 72 km/h. *Намерете изминатия път и преместването на автомобила след време* 2 h.

В новата формулировка изминатият път и преместването съвпадат, така че при решаването на така формулираната задача е достатъчно да се съобрази това съвпадение. Пресмятането на преместването губи самостоятелния си смисъл и затова може да отпадне от новия текст за условието на задачата. До втори възможен вариант на новото условие води предположението, че движението не е праволинейно, нито е еднопосочно. Тогава автомобилът може примерно да се е върнал обратно в началната точка на движението си и преместването $\Delta r = 0$, а изминатият път е същият: $s = 144$ km. Този вариант на формулировката на задачата ще изглежда така:

Автомобил се движи със средна скорост 72 km/h. *Намерете изминатия път и преместването на автомобила, ако след време* 2 h *той се е върнал в началната точка на движението си.*

С повече въображение могат да се предложат и по-сложни формулировки, при които преместването има друга конкретна стойност. Например:

Автомобил се движи от София до Пазарджик със средна скорост 72 km/h *и се връща обратно, като след време* 2 h *се намира на половината път между двата града. Намерете изминатия път и преместването на автомобила.*

Ако с s_1 означим разстоянието между двата града, а с s_2 – изминатия обратно път от автомобила, то целият изминат път ще бъде

$$s = s_1 + s_2 = v_{\text{ср}} t = 72 \text{ [km/h]} \cdot 2 \text{ [h]} = 144 \text{ km}. \tag{3}$$

От друга страна, преместването е равно на половината път между двата града:

$$\Delta r = s_1/2, \tag{4}$$

а

$$s_2 + \Delta r = s_1 = 2s_2, \tag{5}$$

като от релациите (3), (4) и (5) намираме преместването $\Delta r = 48$ km.

Естествено този трети коректен вариант на началната дефектна формулировка се различава от първоизточника по внесените в него разширени добавки към условието на задачата. Добавките обаче не са само хрумване (например за названието на двата града), но са плод на известен опит, придобит при решаването на различни задачи от движения на тела с постоянна (в случая – средна) скорост. "Ремонтът" на дефектната задача всъщност се извършва въз основа на смислени физични предположения, подобни на тези, които се правят при решаването на т. нар. "обратни" задачи [2–4].

Като втори пример на дефектна физична задача ще разгледаме такава, която изисква чертеж, въз основа на който се извършват пресмятанията в нейното решение. В случая е дадена формулировката на задача за пресмятане на еквивалентното съпротивление R на електрични вериги, като дефектът се изразява в липсата на готова схема на свързване [2]. Схемата може да бъде намерена чрез възстановителен анализ, базиран на стъпките за пресмятане в решението на задачата:

Да се намери електрична верига, съставена от резистори, ако нейното общо съпротивление е пресметнато по следния начин:

$$R' = R_1 + \frac{R_1^2}{2R_1} + R_1, \tag{6}$$

$$R'' = R_1 + R_1 = 2R_1, \tag{7}$$

$$R''' = \frac{R'.R''}{R' + R''} = \frac{10}{9}R_1, \tag{8}$$

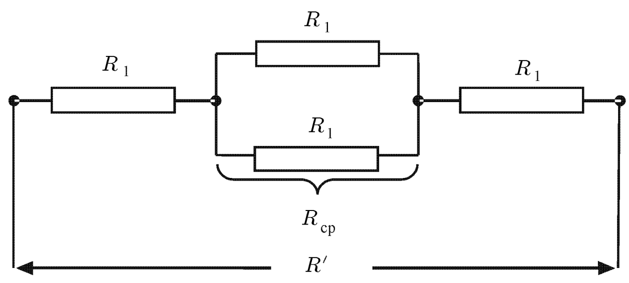
$$R = R''' + 3R_1 \approx 8,2\,\Omega. \tag{9}$$

Към решението на тази задача ученикът (учителят) би подходил на базата на знанията от учебника по физика за пресмятане общото съпротивление на последователно (по израза (10)) и успоредно (по израза (11)) свързани резистори:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots, \tag{10}$$

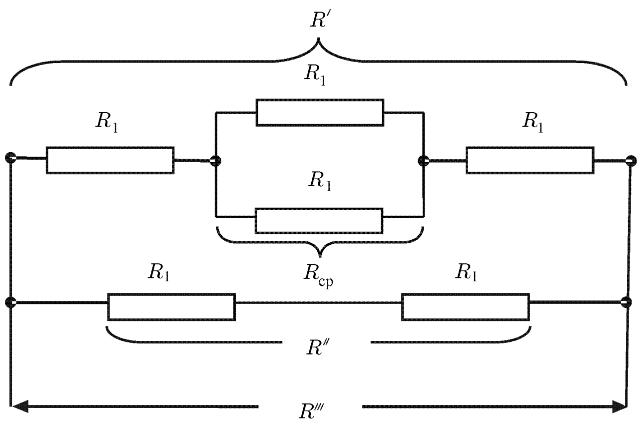
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots \tag{11}$$

Мястото на тези две формули ще търсим първо в израза (6) за R', който съдържа три елемента, свързани последователно според израза (10). Средният член в (6) обаче се пресмята съгласно (11) и съдържа два успоредно свързани резистора R_1. Така че електричната верига от три елемента, чието общо съпротивление еR', може да се начертае във вида (фиг. 1)



Фиг. 1

Съгласно израза (7) съпротивлението R'' е съставено от две последователно свързани съпротивления R_1, а съпротивлението R''' – от паралелно свързаните помежду си R' и R'' (Фиг. 2):

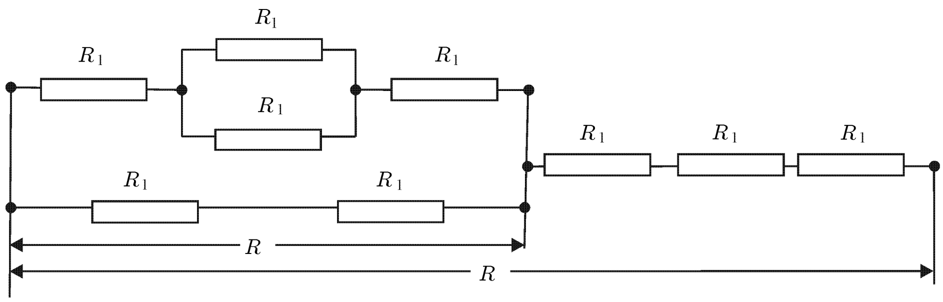


Фиг. 2

Последният израз (9) дава общото съпротивление на цялата електрическа верига, съставена от съпротивлението R''' и последователно свързани към него три съпротивления R_1. Така че търсената в условието на задачата електрическа верига има окончателния вид от фиг. 3.

Остава да определим стойността на R_1, като заместим израза (8) в (9):

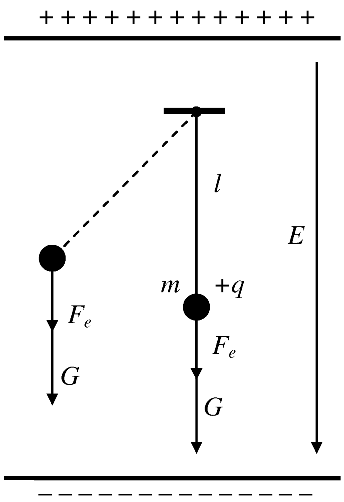
$$\frac{10}{9}R_1 + R_1 \approx 8,2\;\Omega, \tag{12}$$



Фиг. 3

откъдето намираме (с приближение) $R_1 = 2\Omega$ така реставрираното начално условие на задачата добива вида:

Да се намери общото съпротивление на електрична верига (фиг. 4), съставена от резистори с еднакво съпротивление 2Ω.



Фиг. 4

Като трети пример за приложение на реставрационния анализ ще разгледаме случай на "дефектна" задача, в която са дадени чертеж и отговорът на задачата. Ще отстраним дефекта, като възстановим началното условие на задачата и решението, което води до дадения с израза (13) отговор:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g + \dfrac{q}{m} E}}. \tag{13}$$

За учителя (ученика) с опит в решаването на физични задачи няма да бъде трудно да се досети, че чертежът (фиг. 4) се отнася до математично махало с маса mи дължина на нишката l, поставено между плочите на зареден плосък кондензатор. Топчето на махалото има заряд $+q$, така електричното поле E на кондензатора ще действа върху топчето със сила F_e, която има посоката на силата на тежестта G. Отговорът на задачата, даден с израза (13), потвърждава тези предположения и показва, че търсената физична величина в условието на задачата е периодът на трептене на махалото, който в отсъствието на електричното поле се изразява с познатата формула:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}. \tag{14}$$

Формулите (13) и (14) се различават по знаменателя в подкоренната величина, тъй като във втория случай ускорението g се създава само от силата на тежестта $G = mg$, а в първия се прибавя действието на електричната сила $F_e = qE$.Така общата действаща сила върху топчето на махалото е $F = G + F_e = mg + qE = ma$.

Тя определя ускорението $a = g + qE/m$ на махалото в електричното поле, което се вижда от израза (13). Тези разсъждения водят до търсената формулировка на задачата:

Между плочите на зареден плосък кондензатор е поставено махало с маса m и дължина на нишката l, заредено с електрически заряд $+q$. Определете периода на махалото, ако посоката на електричното поле на кондензатора е показаната на чертежа (фиг. 4).

Дефектни задачи като посочения първи пример се срещат във всеки сборник с физични задачи. Много често авторите пропускат да укажат някои от началните условия, като считат, че те се подразбират. Такива задачи получават съответно най-простото решение (подобно на първия реставриран вариант за първия пример), тъй като учениците и студентите нямат необходимия опит, за да си представят и реализират едно по-сложно решение. Именно в такива ситуации реставрационният анализ би бил от полза за обучаемите. Вторият и третият пример откриват и други възможности за прилагането на този тип разсъждения. Реставрацията на задачи предоставя нов поглед към физичните задачи въобще. Многообразието на възможни решения на обратните задачи стимулира личното отношение на учениците и студентите към физиката, провокира интересни хрумвания и оригинални решения с нарастваща сложност [3].

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обратните физични задачи могат да намерят своето място в учебния процес не само заради възможностите за творческо приложение на знанията и за развитие на логическата мисъл, които предоставят, но и като отражение на реално съществуващата тенденция за все по-широко използване на методиката на обратните задачи за разрешаване на редица проблеми в науката и техниката.

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 април 2004 г.

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

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