Две разновидности на един теоретичен прийом[1]

В класификацията на методите на обучение по физика според решаваната чрез тях дидактическа задача фигурират така наречените методи за придобиване на знания. Обикновено се приема, че те носят в себе си логиката на методите на изучаваната наука (вж. напр. (6, с.243)) и поради това при обсъждането им като правило не се отива много по-далече от изреждането и описването на такива **общонаучни** методи като анализ и синтез, индукция и дедукция и т.н. Сред конкретните методи на учебното познание по физика обаче има и такива, които, строго погледнато, нямат аналог в научното познание и все още анализът им не е намерил подобаващо място в методичната литература. Предмет на разглеждане по-долу е един прийом, често срещан като елемент на учебния метод на теоретичното познание. Неговият внимателен анализ разкрива две разновидности, различаващи се съществено по своята доказателствена сила. Целта тук е да се разкрие връзката между едната от тези разновидности и принципа на близкото действие – връзка, която в случая гарантира общовалидността на получаваните формули.

Известно е (1, с. 19), че за да може от основните закони на една теория да се изведат производни закони, “... теорията трябва да притежава апарат за извеждане. Роля на такъв апарат изпълняват разнообразни строго дедуктивни теории или, казано по друг начин, математиката.”. В училище ние не разполагаме с пълноценен такъв апарат. Поради тази причина често търсим изход в качествени и полуколичествени геометрични и физични представи (напр. брой силови линии през дадена повърхност, работа по дадена крива и др.п.), чрез които да можем поне да формулираме производните закони, но не и да ги изведем строго.

Методичният прийом, който е предмет на разглеждане, се прилага именно, когато учениците трябва да се запознаят с определена количествена зависимост (изразена чрез формула), но не разполагат с достатъчно средства, за да проследят извода ѝ в общия случай. Накратко същността му се изразява в следното:

Избира се подходящ частен случай, разглеждането на който може да се проведе с достъпни за учениците математични средства, а резултатът се формулира по начин, в който специфичните особености на частния случай не се отразяват. Така полученият резултат се обявява валиден и за общия случай.

Разгледан като елемент на учебния метод на теоретичното познание, той може да бъде отнесен към т.нар. теоретични изводи чрез математични преобразования (6, с.244). Обикновено математичните изводи се отнасят към дедуктивните прийоми, защото от една (или няколко) формули като следствие се получава желаният резултат. Така например от законите за пътя и за скоростта при равноускорително движение ($s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ и $v = v_0 + at$) следва връзката между скоростта и изминатия път ($v = \sqrt{v_0^2 + 2as}$). В разглеждания случай обаче срещаме своеобразно съчетание на дедуктивния подход при разглеждане на конкретната частна постановка с индуктивния, който е в основата на прехода от частния към общия случай. Строго погледнато, последната стъпка е типична **непълна индукция** и би трябвало да говорим само за евристична, но не и за доказателствена сила на прийома.

Преди да покажем, че това не винаги е така, нека разгледаме някои познати от обучението по физика в училище примери, от които ще стане по-ясно за какво всъщност става дума.

[1] Физика, 1992, **1**, с. 42–46.

Един от първите случаи, в които се използва разглежданият прийом, е в 7. клас – при извода на формулата за хидростатичното налягане (4, с. 147). Изводът се прави за съд с цилиндрична форма, но крайният резултат – формулата $p = \rho g h$, е общовалиден, не зависи от формата на съда, в който е течността. Със същия прийом се извежда и формулата $F_A = \rho g V$ за големината на Архимедовата сила (4, с. 161) – извежда се израз за силата, която действа на потопен в течността правилен многостен или цилиндър, но резултатът, формулата не съдържа характеристики на формата на тялото и *се обявява* за общовалиден.

Подобен е подходът в молекулно-кинетичната теория на газовете при извода на формулата за налягането на идеален газ $pV = \frac{3}{2}N\overline{E_к}$. В този случай се разглежда газ, затворен съд с кубична (3, с. 36) или сферична форма, като и в този случай крайният резултат не зависи от формата на съда.

Типични примери за прилагане на интересуващият ни прийом намираме и при изучаване на електромагнитните явления. Тъй като именно на тяхна основа ще правим класификация, някои от тях ще бъдат разгледани по-подробно. Първият пример е теоремата на Гаус от електростатиката, която се изучава по програмата за СИП в 9. клас (7, с.23). По какъв път се стига до заключението, че потокът Φ_e на електричното поле през затворена повърхност е равен на разделения с ε_0 заряд q, заграден от повърхността? За отправна точка се използва фундаменталният експериментален закон на Кулон, от който следва изразът $E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ за големината на интензитета на полето на точков заряд. Чрез този израз и дефиницията за поток на полето се пресмята потокът на полето на точков заряд през сфера, в центъра на която се намира зарядът. Така за този трикратно частен случай (1 – точков заряд; 2 – сферична повърхност; 3 – зарядът е в центъра на сферата) се получава:

(1) $$\Phi_e = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

– резултат, в който най-съществената характеристика на повърхността (радиусът на сферата) не фигурира. По нататък би следвало с няколко стъпки този резултат да се обобщи: първо, за случая, когато зарядът не е в центъра на сферата, а в произволна точка вътре или вън от нея, второ – когато повърхността е не сферична, а произволна и, накрая, чрез принципа на суперпозиция – и за случая на поле с произволни източници. (Всъщност, тъкмо този път се следва и в някои колежански и университетски учебници, които не използват често средствата на висшата математика и в частност – векторния анализ.)

Втори пример е изводът на формулата за плътността на енергията на електричното поле (7, с. 37). Частният случай е на поле в зареден плосък кондензатор. В този случай не е трудно да се пресметне работата на електричните сили при разреждане на кондензатора. Резултатът, формулата $W = \frac{1}{2}CU^2$, дава възможност чрез разделяне на общата енергия W с обема на кондензатора $V = Sd$ да се получи изразът:

(2) $$w_e = \frac{\varepsilon_0}{2}E^2$$

за енергията на полето в единица обем.

По подобен начин чрез разглеждане на процеса на установяване на тока в цилиндрична намотка, присъединена към източник на постоянно ЕДН, се получава формулата:

(3) $$w_m = \frac{1}{2\mu_0} B^2$$

за плътността на енергията на магнитното поле (8, с. 42).

Все същият прийом се използва при извода на закона за циркулацията на индукцията на стационарното магнитно поле по затворена крива (9, с. 12):

(4) $$\Gamma_m = \mu_0 I \ ,$$

на закона на Максуел за тока на отместване (10, с. 18):

(5) $$\Gamma_m = \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\Delta\Phi_e}{\Delta t}$$

и на формулата на Максуел

(6) $$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \text{, или, по общо } v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$$

за скоростта на електромагнитните вълни (11, с. 13).

Като последен пример ще посочим и включения в (7, с. 26) извод на връзката:

(7) $$\sigma = \varepsilon_0 E$$

между повърхнинната плътност на зарядите и интензитета на електричното поле до повърхността на един проводник.

Тези примери показват, че разглежданият прийом може да се отнесе към групата на логическите прийоми (2, с. 110), като същевременно носи белезите на знаковите модели, защото в основата му лежи изразяването на отношения и свойства на моделирания обект с помощта на формули.

Изброените примери от електродинамиката вече дават възможност да се проведе споменатата по-горе класификация. Признакът, по който се извършва тя, е7 от какъв вид е установената връзка – от глобален, или от локален. Ясно е, че формулите (1), (4) и (5) изразяват *глобални* връзки, т.е. връзки между величини, дефинирани за цяла една област, за определена повърхност или за една крива. Останалите формули – (2), (3), (6) и (7) изразяват връзки между величини, дефинирани в една точка, т.е. те представляват връзки от *локален* тип.

Очевидно е, че разширяването на връзките от глобален тип извън частните случаи, за които са доказани, е необосновано – това е типичен случай на непълна индукция. Изводите на тези връзки имат само илюстративен характер и това е достатъчно основание за използването им, но те нямат доказателствена сила, което, разбира се не обезсмисля евристичната полза от тях.

По-различно е положението с връзките от локален тип. И при техния извод се използва някакъв удобен частен нелокален модел – плосък кондензатор при извода на (2), цилиндрична намотка при извода на (3), метална сфера – за (7) и т.н. локалността на получената връзка обаче е основа на твърдението за общовалидността й. Обосновката на това твърдение е в самия смисъл на полевия поход, който от своя страна представлява една конкретна реализация на принципа на близкото действие. На този факт се обръща внимание например в (5, с. 388). Наистина, според принципа на близкото действие всички прояви на полето *в дадена точка и в даден момент* трябва да могат да се опишат само с величини, характеризиращи полето в тази точка, в този момент и в тяхната най-близка околност. (С други думи, всяка проява на полето в една точка и в определен момент може да зависи само от характеристиките на полето в тази точка, в този момент и – евентуално от първите им производни, заради които се споменават и най-близките околности.) По такъв начин локалната връзка не може да зависи от особеностите на конкретния нелокален модел, с чиято помощ е била получена. Следователно в тези случаи, в случаите на локалните връзки, разглежданият прийом **има** доказателствена сила и тя произтича от самата същност на полевия подход.

При това следва да подчертаем в явен вид нещо, което пряко следва от казаното по-огре за смисъла на принципа на близкодействието: получените локални връзки, изведени обикновено за статични или стационарни полета, **остават валидни и в най-общия случай на променливи с времето полета!**

С това разглеждане всъщност се разкрива още една страна на продуктивността на идеята за близкодействието и на опиращия се на нея полеви подход за описание на електромагнитните взаимодействия: оказва се, че близкодействието е в основата на един широко приложим учебен прийом на теоретичното познание, чрез който се получават редица важни и *общовалидни* резултати. Досега този прийом се прилага без да се подчертава доказателствената му сила, т.е. без да се прави разлика между двата коренно различни случая – случая на локални и случая на глобални връзки.

В заключение ще отбележим, че според нас е необходимо едно по-задълбочено и по-обхватно разглеждане на теоретичните прийоми, използвани в обучението по физика: една тяхна по-пълна и по-обоснована класификация би спомогнала за по-правилния им подбор във всеки конкретен случай и би подобрила ефективността от прилагането им.

Литература:

1. Баженов Л. Б. *Строение и функции естественнонаучной теории*, М., Наука, 1978.
2. Бугаев А. И. *Методика преподавания физики в средней школе*, М., Просвещение, 1981.
3. Влахов Й. и др. *Физика – учебно помагало за СИП в 8. клас на ЕСПУ*, С., Народна просвета, 1988.
4. Караиванов и др. *Физика за 7. клас на ЕСПУ*, С., Народна просвета, 1987.
5. Матвеев А. Н. *Электричество и магнетизм*, М., ВыIсшая школа, 1983.
6. *ОсновьI методики преподавания физики*, под. ред. А. В. ПерьIшкина и др., М., Просвещение, 1984.
7. Попов Хр. и др. *Физика – учебно помагало за СИП по физика в 9. клас на ЕСПУ*, С., Народна просвета, 1989.
8. Попов Хр. *Извод на формулата* $w_m = \frac{1}{2\mu_0} B^2$, Физика, 1, 1990.
9. Попов Хр. *Една възможност за извеждане на формулата за индукция на магнитното поле на постоянен ток по безкраен прав проводник*, Физика, 1982, 1.
10. Попов Хр. *Ток на отместване,* Физика, 4, 1985.
11. Попов Хр. *Следствия от уравненията на Максуел – II*, Физика, 1, 1991.