

УСВОЯВАНЕ НА ПОНЯТИЕТО „ПОЛЕ“ ПРИ ИЗУЧАВАНЕ НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНИТЕ ЯВЛЕНИЯ В СРЕДНОТО УЧИЛИЩЕ

ВЕСЕЛА ДИМОВА ¹, СНЕЖАНА КИРОВА ²

¹ Катедра „Методика на обучението по физика“
Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“
² 69. СОУ „Димитър Маринов“, София

Весела Димова, Снежана Кирова. УСВОЯВАНЕ НА ПОНЯТИЕТО „ПОЛЕ“ ПРИ ИЗУЧАВАНЕ НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНИТЕ ЯВЛЕНИЯ В СРЕДНОТО УЧИЛИЩЕ

Статията третира проблема за усвояване на понятието „поле“ при изучаване на електромагнитните явления в средното училище. В методическия анализ на проблема използваме обобщени планове за основните структурни елементи на физичното знание, изучавани в училище. Проследява се как се въвежда и развива това понятие в задължителната подготовка по физика в курса „Човекът и природата“ (5. и 6. клас) и „Физика и астрономия“ (7.–10. клас).

Vessela Dimova, Snejana Kirova. ASSIMILATION THE CONCEPT OF „FIELD“ IN STUDYING THE ELECTROMAGNETIC PHENOMENA IN HIGH SCHOOL

This article addresses the problem of learning the concept of „field“ in the study of electromagnetic phenomena in the school. In the methodological analysis of the problem we use some generalized plans for the structural elements of physical knowledge taught in high school. We traced how to enter and develop this concept in the compulsory training in physics in the course „Man and Nature“ (5. and 6. Grade) and „Physics and Astronomy“ (7.–10. Grade).

Keywords: Physics education, methodological knowledge, the concept of field

PACS numbers: 01.04.Ej

За контакти: Весела Димова, Катедра „Методика на обучението по физика“, Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“, бул. „Джеймс Баучер“ 5, София 1164, тел. +359 2 8161 882, E-mail: vdimova@phys.uni-sofia.bg

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Още в началното училище учениците се сблъскват с проблема за описание и изучаване на невидимото. Във възрастта, когато подрастващите възприемат действителността най-вече със сетивата си, в уроците по „Човекът и природата“ (5. и 6. клас) те започват да използват физичните понятия „сила“, „енергия“, „атом“.

Известно е, че всеки индивид повтаря в съкратена форма историческото развитие на човечеството, за да достигне в зряла възраст в неговото съвремие и да внесе своя дял в живота на цялото. В учебно-познавателния процес всеки ученик по свой начин изживява онзи етап от развитието на научната мисъл, когато хората са се опитвали да обяснят „действието от разстояние“. Логическата последователност на изложението на този проблем в учебниците за средното училище, както и напътстващата роля на учителя, подпомагат усвояването на понятието „поле“ от учениците.

В 7. клас по учебната дисциплина „Физика и астрономия“ се въвежда понятието „магнитно поле“ и се залага идеята учениците не само да могат да го формулират, но и да изградят умения да си служат с него при качественото описание на магнитните явления. Известно е, че обяснителната сила на ума се пробужда едва към 14.–15. година. Именно тогава (в 9. клас) е заложено по учебната дисциплина „Физика и астрономия“ да се изучават позадълбочено електромагнитните явления с помощта на широко застъпената идея за поле – електростатично, магнитно и електромагнитно.

В статията ще направим методически преглед на проблема за въвеждане и развитие на понятието „поле“ в средното училище, по-специално на електромагнитното поле, което се изучава по-цялостно и продължително в училищния курс по физика.

2. МЕТОДИЧЕСКИ АНАЛИЗ НА ПРОБЛЕМА ЗА ИЗУЧАВАНЕ НА ПОНЯТИЕТО „ЕЛЕКТРОМАГНИТНО ПОЛЕ“ В ЗАДЪЛЖИТЕЛНАТА ПОДГОТОВКА ПО ФИЗИКА В СРЕДНОТО УЧИЛИЩЕ

2.1. ФИЗИЧНИТЕ ПОНЯТИЯ В СИСТЕМАТА ОТ ЗНАНИЯ ЗА ПРИРОДАТА В УЧЕБНОТО СЪДЪРЖАНИЕ ПО ФИЗИКА

Способността на човека да мисли с помощта на понятия се развива постепенно и преминава през няколко етапа [1]: възприятие, представа, образуване на понятието, усвояване на понятието. А способността на човека да борави с абстрактни понятия се появява още по-късно. Такъв е случаят с физичното понятие „поле“, за което човек няма опора на сетивното въз-

приятие. Това трябва да се има предвид при изучаване на електричните и магнитните явления до 8. клас.

Самото въвеждане на това понятие в науката свидетелства за това какъв продължителен път изминава научната мисъл и колко опосредствено става човешкото познание в края на XIX и началото на XX век. През този исторически период изучаването на действителността навлиза в нов стадий: човек търси начин да опознае в такава дълбочина материалния свят, за която не са достатъчни наличните му методи, средства, подходи. Възникналите тогава нови теории за строежа на материята и за пространство-времето доведоха до скок не само в областта на науката (физика), до бурно развитие на техниката, но породиха и своеобразна „саморефлексия“ на науката – разработи се полето на методологията и философията на науката. Това бе необходимо, за да се преосмисли мястото и значението на научното познание, начините за достигане до истините за природата, ролята и отговорността на човека в целокупния живот. Това е необходимо да се извърши днес и в областта на образованието – често задаваният от учениците въпрос „Защо да учим?“ засяга проблема за смисъла, не просто за формата или съдържанието на определено знание.

При преподаването на тези нови за досетивното мислене понятия трябва да се има предвид още нещо. В науката се въвеждат понятия и се градят теории, които помагат на човека да опознае действителността и да изгради един разумен живот, в който има място за всички. Ние често забравяме факта, че човешкото познание е частично, ограничено, че то се развива непрекъснато и понятията и представите, върху които се основава постройката на научните истини, се менят. Те помагат да се разбере действителността, но не разкриват същността на нещата. Всичко, което се изучава в училище, е един модел, едно колективно постижение, споделен опит на човека да разбере света и да изпълни своето предназначение в него, един обединяващ език, който се оказва приемлив на този етап от развитието на човечеството. Както пише Файнман: „Всяка крачка в изучаването на природата – това е винаги само *приближаване* към истината, по-точно към това, което считаме за истина“ [2, 17]. И по-нататък: „Ние продължаваме да вървим по този път, защото по него все още стават открития“ [2, 90]. Науката като форма на познание се утвърди и заема своето достойно място в човешката дейност изобщо именно с това, че дава възможност да се обедини човечеството не върху една „красива теория“ (в смисъла на А. Айнщайн – отличаваща се с логическо изящество и простота), не и върху идеите на знаменити личности, а върху основата на един всепризнат авторитет – Природата. Ако научното познание достигне момент, в който този принцип се наруши, и започне да служи на частни интереси или да бъде в ущърб на природата, то ще претър-

пи коренно преобразование. Ако науката не може да обедини хората, ако не помага да се решат глобалните проблеми на човечеството, тя ще изгуби мястото и значенето си в социалното битие на човека. И историята ни учи на това – никое учение не може да издържи проверката на времето, ако няма за своя върховна цел разширяване на съзнанието на всички индивиди и повишаването на качеството на целокупния живот. Защото всяко нещо, до което човешкото съзнание се докосва, има форма, съдържание и смисъл. Естествените процеси на живота протичат така, че това триединство да бъде в хармония и човек винаги е търсил да изрази определена идея в съответстваща ѝ форма. Реформите в коя и да е област на човешкия живот са израз на този стремеж.

С подобен проблем се сблъскваме и при изучаване на дадено физично понятие, в което е вложено определено съдържание и смисъл – именно затова познаването и използването на дадено понятие още не показва, че човек е вникнал в съдържанието му и разбира същността на протичащите явления. При разглеждането на дадено понятие трябва да отчитаме следните негови характеристики: обем, съдържание и връзка с други понятия. Обемът включва множеството от всички обекти, които притежават общи свойства и са обединени от понятието, при това трябва да имаме предвид, че родово-видовата връзка, която се използва за определяне на тези обекти и свойства, има относителен характер. Съдържанието на понятието е множеството от общите, съществени свойства на тези обекти, като определението на понятието включва само част от свойствата, включени в съдържанието на понятието.

Когато става въпрос за понятие, с което се опитваме да изразим универсални свойства на материята, трябва да имаме предвид и идеята за фундаменталност. Както посочва Христо Попов [3], „фундаментални в една система от понятия са онези, за които в нейните рамки не съществуват по-обща понятия, които могат да се използват в определенията им“. И още: „Както за философските категории, така и за фундаменталните понятия на всяка наука (в частност на физиката), е вярно, че те могат да се определят само чрез установяване на такива отношения между тях, които биха отразявали обективно съществуващи отношения между явленията“. В класическата електродинамика фундаменталните понятия са две – „електричен заряд“ и „електромагнитно поле“. Това отразява нашето разбиране за двете форми на проява на материята. Съпоставянето им в урок за обобщение има мирогледно значение. По-долу представяме една възможност за тяхното обобщено разглеждане.

Електричен заряд (като свойство на телата и частиците)

- Електричните заряди са два вида — положителни и отрицателни.
- Няма безмасови заредени частици.
- Взаимодействието на два заряда не зависи от наличието на други около тях.
- Всяко наелектризирано тяло се характеризира с величината електричен заряд, която има следните свойства: зарядът не зависи от скоростта на тялото; съществува *елементарен електричен заряд* $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C; зарядът е адитивна величина; зарядът на система, която не обменя частици, е постоянен с времето.

Електромагнитно поле (като форма на материята)

- Има две проявления: електрично и магнитно поле.
- Източници на полето са електричните заряди.
- Може да се разпространява далеч от източника.
- Проявява се чрез силите, с които действа на зарядите, поставени в него.
- Разпространява се със скоростта на светлината.
- Характеризира се с две основни векторни величини: *интензитет* и *магнитна индукция*.
- Поле, създадено от *точков източник* (или *токов елемент*).
- Поле, създадено от няколко източника (принцип на суперпозицията).
- Полето като носител на енергия.

В училищния курс по физика изучаването на електричния заряд предхожда по време изучаването на полето. Тези две понятия не са равнопоставени от гледна точка на опита на учениците – житейски и в учебно-познавателен смисъл. Едновременното им разглеждане в урока за обобщение допринася за изграждане на единна представа за материята, защото, както вече бе отбелязано, съдържанието на фундаменталните понятия може да се определи само чрез разкриване на отношенията между тях.

Освен отношението между посочените две понятия, обединени от тази особеност, че са фундаментални в рамките на определена теория, трябва да разгледаме онтодидактически и въпроса за връзката им с понятията в електродинамиката, посочени като основни нови за 9. клас в държавните образователни изисквания [4], отнасящи се до: източниците на полето (заряд на тяло, точков заряд), самото поле (електростатично поле, силова линия, интензитет и потенциал на електричното поле, електрична потенциална енергия, магнитно поле, индукционни линии, магнитна индукция,

електромагнитно поле), свойства на веществата и електромагнитни явления (електростатична индукция, поляризация на диелектрик, електричен дипол, електромагнитна индукция, електромагнитна вълна, монохроматична вълна), уреди (кулонова везна, кондензатор, трансформатор).

2.2. РОЛЯТА НА ОБОБЩЕНИТЕ ПЛАНОВЕ ЗА ИЗУЧАВАНЕ НА СТРУКТУРНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ НА ФИЗИЧНОТО ЗНАНИЕ ПРИ ФОРМИРАНЕ НА ПОНЯТИЕТО „ЕЛЕКТРОМАГНИТНО ПОЛЕ“

За усвояване на понятията във физиката дидактиците препоръчват да се използват т. нар. *обобщени планове*. Например знанията за дадено физично явление включва следните елементи [5, 37]:

1. Откриване на външните признаци на явлението.
2. Изясняване на условията, при които протича то.
3. Изследване на явлението в лабораторни условия или запознаване с резултатите от такова изследване.
4. Определяне на физичните величини, които количествено характеризират явлението, и изразяване на връзките между тях (с помощта на формули, графики).
5. Обяснение на явлението (разкриване на същността на явлението, вътрешният механизъм на неговото протичане въз основа на известните физични теории).
6. Изясняване на връзките на даденото явление с други явления.
7. Запознаване с най-важните приложения на явлението в практиката.

Обобщените планове помагат на учителите да разгледат в по-голяма пълнота и да систематизират знанията за определена област природни явления, да организират дейността в час, като разположат елементите на физичното знание в такава последователност, която да отговаря на целите на учебно-познавателния процес. А също така – да се ориентират в това кои елементи от това знание в каква степен се изучават в различните нива на подготовка – задължителна и профилирана, и в различните класове от задължителната подготовка по физика. Когато тези обобщени планове се знаят и целенасочено се следват и от учениците, това облекчава ученето.

Подобен план може да бъде създаден и за изучаване на физичните полета. Той трябва да бъде цялостно реализиран в гимназиалния етап на средното образование. Някои моменти от този план се откриват в обобщителните уроци, където учебното съдържание за електромагнитните явления се систематизира (с помощта на таблици) чрез показателите за сравнение на изучените полета. Така се разкрива съдържателната страна на понятието „поле“.

Примерен план за изучаване на понятието „поле“

1. Наименование на полето.
2. Източници на полето.
3. По какъв начин се изучава и върху какви обекти действа.
4. Характеристики (количествено или качествено описание) на полето.
5. Онагледяване на полето – с помощта на силови линии.
6. Основни закони, с които се представят свойствата на полето, изразяващи главно отношението между двете форми на материята.
7. Опити – исторически и съвременни, свързани с установяване и изучаване на свойствата на полето.
8. Връзка на понятието „поле“ с други понятия.
9. Обяснение на взаимодействията в природата посредством понятието „поле“ – обмен на виртуални частици.
10. Приложение на понятието при обяснение на природни явления, в техническите устройства и при изграждане на съвременна научна картина на света.

Изброените елементи могат да бъдат размествани в процеса на изучаване на този обект (поле) и да бъдат изпълвани с различно съдържание съобразно целите на определен етап от усвояване на понятието.

От методологична гледна точка е важно да се проследят връзките и отношенията в една система от понятия, върху която се изгражда дадена физична теория за определена област природни явления. При изучаването на понятието „електромагнитно поле“ последователно се разкриват връзките му със следните групи понятия:

- По отношение на фундаменталността при изучаване на електромагнитните явления – *заряд*.
- По отношение на основата на електродинамиката като физична теория – *електростатично взаимодействие, магнитно взаимодействие между постоянни токове, електромагнитна индукция, ток на отместване*.
- По отношение на количественото описание на електромагнитните явления – *електричен заряд, интензитет, магнитна индукция, електростатична сила, магнитна сила, работа, енергия*.
- По отношение на начините за онагледяване – *силови линии, индукционни силови линии*.
- По отношение на изучаването на полето – *пробен заряд, токов елемент, магнитна стрелка*.
- По отношение на методологични и философски идеи, с които е свързано понятието – *вещество, взаимодействие, пространство, време*,

точков заряд, силово поле, кванти на полето, фотони, гравитационно поле.

- По отношение на приложението на понятието в бита и техниката – *проводник, диелектрик, кондензатор, електромотор, пара- и ферромагнити, електрически трептящ кръг, електромагнитна вълна, електромагнитен спектър и др.*

2.3. ВЪВЕЖДАНЕ И РАЗВИТИЕ НА ПОНЯТИЕТО „ЕЛЕКТРОМАГНИТНОТО ПОЛЕ“ В УЧИЛИЩНИЯ КУРС ПО ФИЗИКА

Изучаването на понятието „поле“ се подготвя още при разглеждане на механичните явления с въвеждането на величината *сила* като „мярка за действието върху дадено тяло“ (6. клас). Посочва се, че резултатът от това действие е изменението на състоянието на тялото – промяна на скоростта и/или посоката на движение, или деформация. Изброяват се и елементите на силата: големина, посока и приложна точка. Използвайки обобщения план за физична величина, може да кажем, че в един урок („Сили“) се излагат почти всички елементи на тази величина: наименование, означение, определение, единица ([N, нютон], съответно със своето означение), уред за измерване на числената стойност на величината. В следващите уроци се разглеждат няколко сили: еластична сила, сила на триене, тегло, изтласкваща сила, сила на тежестта, електрична и магнитна сила. Интерес за нашето изследване представляват последните три сили, които описват взаимодействия от разстояние. При изучаване на тези сили се въвеждат понятията: наелектризиране на телата, електричен заряд, положителен и отрицателен заряд, сили на привличане и отблъскване, електрон, електричен ток, електрична енергия, магнити, електромагнит, Земята като магнит. Уточнява се и посоката на електричните и магнитните сили, както и зависимостта на големината им от разстоянието между взаимодействащите си тела. В следващия раздел се изучава строежът на веществата (прости и сложни), гравитационните частици на веществата, агрегатните състояния и химичните промени на веществата.

Учениците започват да си служат с понятието „поле“ при описание на „взаимодействието от разстояние“ по „Физика и астрономия“ в 7. клас, където се въвежда понятието „магнитно поле“ около всеки магнит и около намотка (проводник) с ток. Тук в два урока („Магнитно действие на тока, който тече по намотка“ и „Електромотор“) се дават основните знания за този обект: източник на полето (постоянен магнит, проводник с ток, магнитно поле на Земята – *обем на понятието*), онагледяване (силови линии); опити, с които се доказва наличието на полето (привличане и отблъскване между постоянни магнити, между магнит и намотка, по която тече електричен ток; привличане на железни стърготини от магнит и от проводник, по който тече

електричен ток); описание на действието на магнитното поле върху магнитна стрелка, постоянен магнит и проводник с ток; закон за магнитната сила, действаща върху проводник, по който тече ток (качествено); описание на принципа на действие на електромотор и на електромагнитно реле.

В следващия раздел знанията на учениците се обогатяват с изучаване на светлината – праволинейно разпространение на светлината, скорост на светлината във вакуум, спектър на светлината, отражение и пречупване. В раздела „От атома до космоса“ се изучава строежът на атома (модел на Ръдърфорд) и строежът на Слънчевата система, въвеждат се понятията: елементарен електричен заряд, радиоактивност, ядрен синтез, гравитационно привличане. Разглеждането на строежа и развитието на Вселената в този раздел помага да се изгради представа у учениците за единството на света и за единния подход, който използва науката, за да опише много малките природни обекти и безкрайно големите космични тела. Един съществен елемент от тази картина за света заема описанието на основните взаимодействия в природата посредством понятието „поле“.

В 9. клас по „Физика и астрономия“ знанията на учениците относно понятието „магнитно поле“ се надграждат, като се разглеждат свойствата и закономерностите на полето количествено: въвежда се величината „магнитна индукция“; формулира се законът на Ампер за магнитната сила, действаща върху проводник с ток; описва се взаимодействието между два проводника, по които тече ток. Изучаването на понятието „магнитно поле“ се извършва по аналогия с „електростатично поле“, изучено в началото на учебната година. То обхваща следните елементи: източници на електричното поле, върху какво действа, как се изучава, характеристики на полето (интензитет и потенциал), интензитет на точков заряд, представяне на полето с помощта на силови линии, действие на електричното поле върху заряд, проводник и диелектрик, електрична потенциална енергия, енергетично описание на свойствата на полето, кондензатори, трансформатори. Отношенията между двете полета (електрично и магнитно) се разкриват при изучаване на явлението електромагнитна индукция (а по-късно – на понятието „вихрово поле“) и особено в последния раздел „Електромагнитни вълни“.

В 10. клас в ядро на учебното съдържание „Светлина“ се изучават оптичните явления, където се проследяват корпускулярните, вълновите и квантовите представи за светлината. Светогледно значение има изложението на проблема за квантовата природа на материята, която обединява понятията за вещество и поле. А темите, включени в ядрото „От атома до космоса“, дават възможност този въпрос да се разгледа още по-пълно във връзка с изучаване на явлението аниhilация при елементарните частици, както и при описание на фундаменталните взаимодействия посредством квантите на изучените физични полета (фотони, глюони, W- и Z-частици, гравитони).

По-долу се проследява последователността при изграждане на понятието „поле“ в училищния курс по физика, задължителна подготовка:

5. клас – Гравитационни сили.

6. клас – Взаимодействие от разстояние. Сила на тежестта, електрични и магнитни сили.

6. клас – Наелектризиране на телата. Електричен заряд.

7. клас – Магнитно поле, създадено от постоянен магнит.

7. клас – Магнитно поле, създадено от постоянен ток.

7. клас – Праволинейно разпространение на светлината, скорост на светлината във вакуум.

9. клас – Електростатично поле.

9. клас – Еднородно (хомогенно) поле.

9. клас – Електромагнитна индукция.

9. клас – Вихрово магнитно поле.

9. клас – Вихрово електрично поле.

9. клас – Електромагнитно поле.

10. клас – Гравитационно поле.

10. клас – Обобщение: фундаментални взаимодействия, физичното поле като преносител на взаимодействията, кванти на полето.

2. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Понятието „поле“ играе важна роля в общата картина на света, която изгражда съвременната наука. То се използва не само за описание и обяснение на основни явления във физиката, но и в другите природни дисциплини, а последователното му усвояване в курса по физика създава предпоставки за пренасяне на умения за изучаване на действителността във всички области на науката. Затова важно значение има разглеждането му в онтодидактически и методически аспект всеки път при промените в образователната система. Независимо от структурата на дадено учебно съдържание приносът на всеки учител за постигане на достъпност, трайност и приложимост на знанията от страна на неговите възпитаници се състои именно в това да намери логическата последователност, единната схема, обобщения поглед, с които да представи елементите на физичното знание и да организира учебно-познавателната дейност на учениците. При изпълнение на тази задача в помощ на учителя са обобщените планове за усвояване на физичните явления, величини, закони, към които може да се отнесе и този за изучаване на понятието „поле“.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кирова, С. Дипломна теза: „Понятието *поле* в раздела „Електродинамика“ по Физика и астрономия, 9.клас, задължителна подготовка“, София, 2008.
- [2] Файнман, Р., Р. Лейтон, М. Сендс. Файнманови лекции по физика, т.1, София, 1970.
- [3] Попов, Хр. Фундаментални понятия на електродинамиката. *Физика*, 1994, **1**.
- [4] Учебни програми IV част за задължителна и профилирана подготовка IX, X, XI и XII клас, Културнообразователна област: Природни науки и екология. Главна редакция на педагогическите издания към МОН, София, 2003.
- [5] Кюлджиева, М. Дидактика на физиката в средното училище. Шумен, 1997.
- [6] Усова, А. Теория и методика обучения физике. Санкт Петербург, 2002.
- [7] Димитрова, В., Л. Иванова. Годишник на СУ „Св. Кл. Охридски“, Физически факултет, 2012, **105**.
- [8] Учебници за СОУ: „Човекът и природата“, 5.–6. клас, „Физика и астрономия“, 7.–10. клас, задължителна подготовка.

Дата на постъпване: 18.02.2014 г.

Рецензент: доц. д-р Мая Гайдарова