

Въведение¹

Последните три десетилетия представляват период с повишена динамика на промените в съдържанието на обучението по физика. Както в много страни, така и у нас, успехите през 50-те и 60-те години в овладяването на Космоса, на атомната енергия и бурното развитие на физиката на твърдото тяло с многобройните ѝ приложения насочиха и общественото внимание, и значителни финансови ресурси към природните науки и в частност – към физиката. Новата ситуация породила необходимостта от преустройство на учебното съдържание в посока на неговото осъвременяване. Това означаваше, първо, включване в учебното съдържание на достиженията на съвременната физика (напр. елементи на квантовата теория и специалната теория на относителността), и, второ – разглеждане на всички класически въпроси от съвременна гледна точка. Последното наложи преди всичко разширяване на теоретичната основа на обучението и оттам – задълбочаване изучаването на физичните явления с извеждане на техните обяснения на микроравнище.

Тези тенденции доведоха в края на 60-те и началото на 70-те години до създаването на известните на физичната ни общност учебници по физика за 9.–11. клас на трудово-политехническите училища, написани от относително многобройни колективи под ръководството на акад. М. Борисов. И до днес тези учебници остават ненадминати по своята всеобхватност и задълбоченост и в това отношение успешно могат да се мерят с всеки учебник за колежи в развитите страни. Незадоволителните резултати от тяхното прилагане се дължат на факта, че те бяха създадени за нуждите на замислените в средата на 60-те години природоматематически гимназии, а променената концепция за училището в края на десетилетието доведе до прилагането им във **всички** трудово-политехнически училища. При това положение неизбежно се стигна до противоречие между относително високото научно равнище на учебното съдържание и реалните възможности на повечето ученици в тези училища.

Новосъздадената ситуация наложи през 80-те години преработка на учебниците с цел повишаване на тяхната достъпност. Изданията от това десетилетие до голяма степен изпълниха тази задача. Те обаче запазиха техния дух. В съответствие с новите, по-тесни рамки на учебния план, обемът на учебното съдържание бе значително съкратен, направени бяха усилия за избягване на излишна математизация, но остана стремежът обясненията на всички физични явления да се търсят на микроравнище и да се разкриват възможно повече логически връзки между елементите на знанията.

Направеният анализ² разкри едно основно противоречие, заложено в социалната поръчка към обучението, върху която се основава разработената през средата на 80-те години система за учебно-възпитателната работа по физика³. Това противоречие се дължи на *изискването обучението по физика в средното училище да осигури на всеки негов випускник възможност да продължи обучението си във висшите училища, в които физиката е базисна дисциплина.*

Равнището, от което започва обучението по физика във висшите училища, обаче, е резултат от дълги години установявана международна традиция – то не може да се повишава или понижава по желание в отделна страна. Тази традиция определя долната граница на знанията, под която не бива да се слиза, за да се осигури възможност за продължаване на образованието във висши училища. В същото време принципът за достъпност определя горната граница на равнището на тези знания. И когато тази граница се съобрази с възможностите на *всички* ученици се оказва, че горната граница е по-ниска от долната. С

¹ Следва да се отчита, че дисертацията е писана през 1996 г.

² Станев Ст., Т. Начева, Хр. Попов, *Характерные черты и проблемы курса физики в ЕСПУ, сб. "Естественнонаучное образование в средней школе в условиях научно-технической революции"*, С., МКНП-НИИО, 1989, с. 124–130.

³ Система на учебно-възпитателната работа в 8.–12. клас, С., МНП, 1986.

други думи, при изработването на учебните програми и учебниците за средното училище трябваше да се удовлетворят две несъвместими изисквания: от една страна принципът за достъпност налага равнището на учебното съдържание да не бъде твърде високо, за да бъде достъпно за всички ученици, а от друга – това равнище не можеше да бъде и твърде ниско, за да се осигури възможност за обучение на тези, които ще продължат образованието си в технически, физически и др.п. висши училища.

Практиката показва, че усилията да се удовлетворят и двете изисквания води до единствения възможен резултат: за учениците, които не продължават образованието си след средното училище, или се реализират в хуманитарни професии, учебното съдържание по физика е претоварено, докато за учениците, които продължават образованието си във висши физически, технически, агробиологически и медицински училища, то не отговаря на твърде високите изисквания, поставени пред постъпващите в тях.

До подобни изводи относно незадоволителното състояние на обучението и за неговите причини стигат и специалистите по методика на обучението по физика в бившия Съветски съюз⁴: "Анализът на практиката на обучението и възпитанието разкрива задълбочаващ се разрыв между това, какви изисквания предявява обществото ... и съществуващата методическа система (включваща цели, съдържание, методи, средства и форми за управляване на учебно-възпитателния процес). Измежду причините за този разрыв на първо място трябва да се споменат:

- въвеждането на всеобщо задължително средно образование с явно завишени за значителна част от учащите се изисквания към задължителната подготовка по физика ... и недостатъчно натоварване на учениците, притежаващи развити способности по физика и астрономия;

- еднообразието на съвременното средно училище и отсъствие на диференциация на образованието (съществуващата методическа система за обучение е разчетена за равнище на такава задължителна подготовка на всички ученици, която не отчита склонностите и интересите на отделните техни групи към изучаване на природонаучни или хуманитарни дисциплини, което води до претоварване на болшинството ученици)".

И така, обучението по физика в нашите средни училища се оказва в положението, в което то се намира в световен мащаб – в криза⁵.

Като начин за излизане от това положение се сочат⁶ неизползваните възможности на диференцираното обучение. Днешният етап в развитието на образователната ни система дава добър шанс за реализиране на развитите там идеи. Всички варианти на нова концепция за развитие на средно образование в Република България предвиждат в средното общо образование, освен базисно образование, да се включва задължително и профилирана подготовка в определено научно направление. Това дава възможност до 10. клас да се развие един цялостен курс по физика, чието по-ниско равнище ще осигури достъпността му за всички ученици, и в същото време за бъдещите физици, инженери, медици и пр. – един системен курс с достатъчно високо равнище, който осигурява успешно овладяване на физическите и техническите дисциплини в съответните висши училища.

По такъв начин пред методиката на обучението по физика днес стои голямата задача да определи характера, равнището и съдържанието на тези два курса. При решаването ѝ трябва да се имат предвид две условия. Първо, свалянето на равнището на сегашното

⁴ Дик Ю.И. *Основные направления построения курса физики и астрономии базовой школы (проект)*, Физика в школе, 1989, **3**, с. 34.

⁵ **Nachtigal D.K.** *What is wrong with physics teachers' education?*, Eur.J.of Phys., 1990, **11**, p. 1–14.

⁶ **Станев Ст., Т.Начева, Хр.Попов**, *Проблеми на съдържанието на диференцираното обучение по физика в средното училище*, Физика, 1990, **3**, с. 10–19.

обучение в курса, който осигурява задължителното базисно образование, неминуемо ще бъде свързано с отпадане на учебен материал. Това, обаче, не трябва да доведе до нарушаване целостта на курса, до разпадане на знанията на отделни, несвързани компоненти. Второ, изграждането на курса за профилирана подготовка, курса с по-високо равнище, в никакъв случай не бива да става чрез механично добавяне на нови знания към сега съществуващите курсове за общозадължителна и свободноизбираема подготовка, защото това отново ще доведе до информационно претоварване.

Доколкото учебното съдържание е един от най-съществените елементи на обучението⁷, ефективен начин за едновременно удовлетворяване и на двете условия е да се внесат елементи на нова организация в сега съществуващото учебно съдържание и по-конкретно – в неговата основна компонента – знанията. Този факт определя и актуалността, и целта на настоящето изследване. Разбира се, да се търси нова организация на учебното съдържание за всички раздели на учебния предмет физика, би било твърде амбициозна задача. Затова тук вниманието се насочва само към един от основните раздели – електродинамиката, учебното съдържание на която до сега се изгражда на основата на генетичния принцип, докато би следвало да се търси съчетанието му и с логичния принцип. Ако този проблем бъде решен успешно, след това може да се правят опити за прилагане на разработените идеи и в другите раздели на физиката.

По такъв начин, в качеството на **обект на изследването може да се посочи процесът на усвояване от учащите се на най-общите идеи, принципи, теории, закони, понятия и явления във физиката**, процес, представляващ основно средство за достигане една от целите на обучението по физика – формирането у тях на стил на научно мислене. Доколкото централно място в този процес заема усвояването на физичните теории, като **предмет на изследването е избран процесът на изграждане на представите за една от най-пълно застъпените в училищния курс по физика теории – класическата електродинамика**.

Целта на изследването е чрез: подходящо адаптиран и придружен със съответната терминологична система модел за физична теория; подбор и прилагане на критерии за класификация на физичните знания към различните части на теорията; онтодидактически анализ на електродинамиката, знанията за електромагнитните явления да се допълнят и представят по начин, който разкрива в явен вид структурата на електродинамиката като физична теория.

Изследването се ръководи от предположението, че

– ако на основата на един задълбочен онтодидактически анализ и на съвременната тенденция за издигане методологическото равнище на обучението по физика (разбирана тук като внасяне елементи на нова организация в структурата на учебното съдържание и допълване на последното с липсващите в логическата верига на изложението звена) електродинамиката се представи като система от ясно разграничени елементи и системнообразуващи връзки между тях и

– ако обучението се насочи към усвояването на тази система,

то с това ще се осигури

– по-ефективен преход от преобладаващото в настоящия момент стихийно-емпирично знание към научно – теоретично знание, както и

– по-високо качество на знанията за електромагнитните явления, за наблюдаваните при тях закономерности, като чрез това се увеличи ролята им при формиране на физичната картина за заобикалящия ни свят, а оттам – и за по-успешно изграждане на научен светоглед у учащите се.

⁷ Андреев М. *Процесът на обучението. Дидактика*, С., Университетско издателство "Св.Климент Охридски", 1996, с. 137.

Преимущество на подобен, опиращ се на засилена роля на методологичните знания, подход е, че не изисква радикално разширяване на учебното съдържание, увеличаване на учебното време или обособяване на специални учебни единици. Усъвършенстването се свежда преди всичко до налагане върху сегашната структура на знанията на една допълнителна рамка, опираща се на сега липсваща строго определена терминология, целяща разкриване на структурата на електродинамиката като физична теория, както и до допълване на тези знания с липсващи сега елементи, които прекъсват в редица пунктове логическата нишка на изложението.

Методологическа основа на изследването са общодидактическите постановки за усъвършенстване на обучението на основата на по-пълно отчитане ролята на общонаучните методи на познанието в учебния процес.

За постигането на така формулираната цел е необходимо да се реши следният комплекс от задачи:

1. Да се обоснове хипотезата, че засилването на ролята на методологията е средство за постигане на поставената цел.

2. Да се обоснове изборът на физичната теория като най-подходяща рамка за структуриране на знанията, да се направи избор на модел за такава теория и да се адаптира този модел към равнището на изучаване на физика в училище.

3. Да се обоснове изборът на електродинамиката измежду другите раздели на физиката като предмет на разглежданията.

4. Да се установи равнището на представите на учениците за електродинамиката като физична теория.

5. Да се идентифицират включените в училищния курс знания по електродинамика като елементи на частите на избрания модел за физична теория.

6. Да се изследват възможности за изграждане на курса, който трябва да осигури задължителното базисно образование по физика и на курса, осигуряващ профилирана подготовка, в съответствие с избраната схема.

В хода на изследването са използвани методи като:

- анализ на педагогическа, физическа и методическа литература;
- анализ на съдържанието на наши и чужди учебници по физика за средни училища и колежи;

- научно-методически анализ на електродинамиката от гледна точка на принадлежността на съдържащите се в нея знания към различни части и елементи на избрания адаптиран модел за физична теория;

- провеждане на констатиращ педагогически експеримент с цел установяване равнището на знанията на учащите се за структурата на електродинамиката като физична теория;

- онтодидактическа и методическа разработка на елементи от електродинамиката.

Предмет на защита са изложените в публикациите:

1. Избор на модел на физична теория и неговата адаптация: структурно (в съответствие с изискванията на дидактическия принцип за достъпност) и терминологично (в съответствие с особеностите на използваната в електродинамиката терминология).

2. Критерии за класификация на знанията за електромагнитните явления към различните части на избрания модел на теория и към елементите на тези части както и практическото прилагане на тези критерии.

3. Кохерентна система от критерии и термини за трите елемента на основата на електродинамиката: фундаменталните явления, фундаменталните понятия и фундаменталните експериментални закони.

4. Неразкрити до сега в методиката на обучението по физика възможности за няколкократно прилагане на модела за физична теория при структуриране на знания за електромагнитните явления.

5. Методически разработки на нови елементи на знания, запълващи логическите пропуски в съществуващата система и допринасящи за представянето на електродинамиката като относително завършена теория, както и разкриването на възможностите за включване на тези нови елементи в системата на профилираната подготовка по физика.

6. Обобщение за произволни неподвижни заряди на доказателството, че енергията на електричното им поле зависи от квадрата на интензитета на полето и доказателство, че за произволни стационарни токове енергията на магнитното им поле зависи от квадрата на индукцията на полето.

7. Възможност за систематизиране и обобщаване на знанията за електромагнитните явления (структура на теорията, видове полета, източници на полетата и т.н.) с помощта на подходящи таблици.

8. Въвеждане на класификация в съвкупността от използваните в една теория понятия на основата на разграничаване на фундаменталните, изходните и основните понятия на теорията.

9. Идентифициране на факта, че в училище се изучават локални характеристики на полетата и глобални характеристики на източниците им, като една основна причина за трудностите при излагане на основните закони на електродинамиката и набелязване на средства за преодоляване на тази трудност.

Засилване ролята на методологичните знания – съвременна тенденция в развитието на училищния курс по физика

В усъвършенстването на равнището на обучение по физика днес се очертават ясно две тенденции. Първата се изразява във все по-пълно отразяване на фундаменталните физични теории в теоретичното ядро на училищния курс по физика, а втората – в значително изместване на центъра на вниманието от простото усвояване на предметни, фактологически знания към използване на теорията за развиване на мисленето. Две са и главните противоречия, които пречат за успешната реализация на тези тенденции⁸:

– противоречието между растящия обем на научните знания и ограниченото време, което може да се отдели в училище за изучаване на съответните дисциплини;

– противоречието между равнището на науката и реалните възможности на учениците за усвояване на резултатите ѝ.

Тези противоречия определят актуалността на разработките на проблемите на методологията⁹. Педагогическата наука отдавна е посочила пътя за преодоляването им¹⁰: осъществяване на "съществени изменения в начина, по който се структурират те (научните знания – б.м.) за дидактически цели", разработване на методи за обработка на информация с цел повишаване равнището на нейната обобщеност¹¹, намаляване на обременеността на учебното съдържание с факти¹² и т.н.

⁸ **Куков В.** *Усвояване на научните з* Василев Хр., Г.Хрусанов Обект, предмет и задачи на педагогическата наука, в сб."Методологически проблеми на педагогическата наука", н.р-л акад.С.Гановски, С., Народна просвета, 1983. *нания*, С., Народна просвета, 1981, с. 195.

⁹ **Горский Д. П.** *Проблемы общей методологии наук и диалектической логики*, М., Мысль, 1966, с. 3.

¹⁰ **Андреев М.** *Дидактика*, С., Народна просвета, 1987, с. 129.

¹¹ **Василев Хр., Г.Хрусанов** *Обект, предмет и задачи на педагогическата наука*, в сб."Методологически проблеми на педагогическата наука", н.р-л акад.С.Гановски, С., Народна просвета, 1983, с. 258.

¹² Хуманно и демократично българско училище, НИО, С., 1990, с. 49.

1. *Издигане методологическото равнище на учебното съдържание – централен проблем на методиката на обучение по физика*

Решаването на посочените по-горе проблеми в обучението по физика се оказва процес дълъг, труден и все още – незавършен. Една от основните причини за това е следната. Сред специалистите по методика на обучението по физика няма различни мнения по въпроса, че наред със знанията за основите на науката (факти, понятия, закономерности, идеи, теории), като равнопоставена компонента към учебното съдържание трябва да се причислят и методите на съответната наука и по-общо – методите на познанието¹³. Нещо повече, някои автори¹⁴ дори считат, че "Учебният предмет трябва да се построи така, че учениците най-напред да овладяват методите за разпознаване на явленията в тяхната диалектическа връзка, с методите за съпоставяне, разчленяване, обобщаване, намиране на общи и частни признаци, причинно-следствени връзки, установяване на закономерности, а след това вече на тази основа да натрупват необходимите знания..."(к.м.). Това твърдение може да се разглежда като отражение в методиката на по-общата постановка¹⁵, че "Най-важният атрибут на науката не са знанията, а нейната способност за придобиване знания.". (По този повод може да се отбележи, че много по-ефективно би било, ако двете компоненти на учебното съдържание се развиват едновременно, прониквайки една в друга, защото едно предварително изучаване на методите на науката без познаване на фактически материал би довело само до формални и нетрайни знания.)

Въпреки всичко, обаче, факт е, че все още в учебното съдържание преобладават ролята и мястото на фактологичните знания. Резултатът от това е изразен най-добре от акад. Ландсберг¹⁶: "Смущава ни не толкова недостигът на факти и теоретически представи..., колкото отсъствието на ясно и правилно съждение за тяхното съотношение. Често учениците се ориентират зле в това, кое е заложено в основите като определение, кое е резултат от опита, на кое трябва да се гледа като на теоретично обобщение на тези опитни знания. Нерядко новите факти се оценяват като очевидни от само себе си следствия и затова цялото дълбоко значение на тези факти остава неосъзнато или обратно, различните формулировки на едно и също положение се възприемат като различаващи се закономерности."

Десетилетията, които ни делят от времето на тези твърдения, не са променили положението съществено – факт, който се потвърждава от резултатите на описания по-долу констатиращ експеримент. И така, именно трудността да се съчетаат и фактологически знания, и знания за методите на науките, е една от важните причини за днешното незадоволително състояние в обучението по физика.

Схващането за необходимостта от включване в учебното съдържание на знания за методите на науката, намира отдавна достатъчно отражение ако не в учебниците, то поне в останалата учебна документация (учебни програми, указания на МОНТ за организация на учебно-възпитателната работа и т.н.). Това обаче е само едната, по-често дискутирана страна на въпроса за увеличаване ролята на методологичните знания. Ако това увеличаване се схваща като процес, то този процес изисква¹⁷ достигане на "едно по-високо равнище на

¹³ **Зорина Л. Я.** *Дидактические основы формирования системности знаний старшеклассников*, М., Педагогика, 1978.

Педагогика школы, под ред. Г.И.Щукиной, М., Просвещение, 1977, с. 260.

Методика преподавания физики в средней школе, Под ред. С.Е.Каменецкого и Л.А.Ивановой, М., Просвещение, 1987, с. 7.

Дидактика современной школы Под ред. В.А.Онищука, Киев, Родянська школа, 1987, с. 66.

¹⁴ **Коротяев Б. И.** *Вооружить учащихся методом познания учебного предмета*, Сов.пед., 1965, **9**, с. 110.

¹⁵ **Fridman P.** *The principles of scientific research*, London, 1960, p. 2.

¹⁶ *Элементарный учебник физики*, под ред. акад. Ландсберга, т.1, М., Наука, 1985, с. 43.

¹⁷ *Совершенствование преподавания физики в средней школе социалистических стран*, Под ред. Разумовского В.Г., М., Просвещение, 1985, с. 55.

мислене на учениците, което да им позволява да се ориентират в потока от информация, да отделят главното...". А това по-високо равнище на мислене непременно включва знания и за структурата на самите знания, за елементите, които ги изграждат, както и ясно разпознаваема система от вътрешни връзки между тези елементи¹⁸. Както отбелязва М. Андреев (вж. 7, с. 94), учебният материал трябва да се изложи във форми, "рационално обобщени и уеднаквени", трябва да има "ясна, точна и лесна за запомняне структура" (к.м.). В това отношение казаното¹⁹ за обучението по математика важи и за обучението по физика – учениците "трябва да се запознаят със структурата, логическата организация, методите и основните средства за опознаване на света." Тази втора страна на методологичните знания също не е нова и като задача на методиката е формулирана още в²⁰: "...тенденциите на развитието на методиката на физиката трябва да бъдат насочени към формиране на ясни представи у учащите се за структурата на научните знания: фундаментални опити, модели, теоретични следствия, физически експерименти." (Тук остава неясна разликата, която авторът прокарва между опити и физически експерименти, но в случая не това е същественото.) Че поставената преди повече от 20 г. задача все още не е изпълнена личи от това, че същият автор²¹, много по-късно, като изброява проблемите пред методиката на обучение по физика, изрично подчертава необходимостта от "въоръжаване на учениците с елементи на методологията и методите на научното познание."

По такъв начин, когато по-нататък става дума за методологични знания и за процеса на включването им в учебното съдържание, ще имаме предвид²² "обобщени знания за методите и структурата на физичната наука, за основните закономерности на нейното развитие и функциониране.", като ударението ще се поставя именно върху структурата. При това когато говорим за включване, ние имаме предвид, че не става дума за нещо външно по отношение на фактологичните знания, а за знания, които са вътрешно присъщи на курса по физика, но трябва да се открият по подходящ начин, за да бъдат осъзнати и се превърнат в средство, което може да се използва при самостоятелно придобиване на нови знания. Или, както се казва²³: "Ученикът усвоява научната методология чрез борба с предмета, не чрез изучаване на научния метод (за който са написани много безсмислици)", т.е. **овладяването на метода става чрез "изучаване на физиката, а не чрез изучаване изучаването на физиката от други."**

Търсенето на пътища за издигане на методологичното равнище на обучението по физика бе обявено от съветските специалисти за "един от централните проблеми на методиката" преди почти четвърт век²⁴ (170) и поради това, че този проблем все още не е решен, това мнение се поддържа и до днес. Така например на всесъюзния методически фестивал през 1988 г. един от водещите руски специалисти по методика на обучението по

¹⁸ Химичев П. М., Резников З. М. *Генерализация учебногo материала*, Физика в школе, 1988, 4, с. 65.

¹⁹ Абрамов А. *Изисквания към учебника по математика*, Обучението по математика и информатика, 1989, 4, с. 1; 5, с. 12,.

²⁰ Разумовски В. Г. *Теоретични и експериментални основи на методиката на развитието на творческите способности на учащите се в процеса на обучение по физика*, С., Физика и математика, 1974, 1, с. 8–15, 2, с. 33–37.

²¹ Разумовский В. Г. *НТП и некоторые проблемы образования в средней школе*, в сб. "Естественнонаучное образование в средней школе в условиях научно-теоретической революции", съст. П. Лазаров и др., С., МКНП, 1989, с. 77.

²² Голин Г. М. *Вопросы методологии физики в курсе средней школы*, М., Просвещение, 1987, с. 5.

²³ Lewis J. L. *Teaching school physics*, Penguin Books – UNESCO, London, 1972, p. 28.

²⁴ Резников Л. И. *Современные проблемы методики физики*, Физика в школе, 1972, 2, с. 18.

физика – акад. В.Г.Разумовски заявява²⁵: "Ако ме попитат, кое в методиката е главното, бих казал следното: необходимо е подчертано да се показва методологията на науката." (166). Тази мисъл авторът развива и днес, когато и в Русия се разработват стандарти за обучението в средното училище²⁶:

"Една от съвременните международни тенденции е построяването на съдържанието на учебния предмет и методиката на преподаването му на основата на научния метод на познанието. Тази тенденция се обуславя от необходимостта да се развива познавателната самостоятелност на учащите се и да се стимулира тяхната творческа активност. При това методологията (к.м.) на изучаваната наука става и обект на изучаване, и способ на познанието. Така в много страни, в това число в Англия и в САЩ, учението за метода на познанието представлява специален раздел на училищния курс и влиза в стандартите за образование. Нещо повече, в международните сравнителни изследвания на качествата на знанията на учениците вече се използват задания, изискващи от учащите се знания за методологията на науката и умения за прилагането им."

Като пример за това, че тенденцията за засилване ролята на методологичните знания е характерна и за образователните системи на развитите страни ще приведем определението, което американската Национална академия на науките дава на понятието научна грамотност – една от целите на обучението в САЩ²⁷: "Образованият гражданин трябва да има не само обща представа за съвременното знание за неживата и жива природа, но, по-важно, предразположение и способност да формулира въпроси и да намира отговори. Той трябва да бъде в състояние да различава съществените доказателства, да прави количествени оценки на съотношения и мащаби и да мисли в разумно съответствие с обективната реалност. Методиката на обучението трябва да допринесе за развиване на този вид критичен, рационален подход към проблемите, а така също на умерено точно, но не детайлно разбиране на главните научни принципи и за методите и ограниченията на научната работа - онова, което тук наричаме научна грамотност - може да помогне на човек да разбере и се справи с много видове проблеми."

Този процес на засилване ролята на методологичните знания се разглежда²⁸ като "единствения конструктивен път за преодоляване на информационния взрив" не само в средното училище, но и във висшите училища. Показателен е например фактът, че за разлика от първото, второто издание на широко известната монография на Дж.Джексън *Класическа електродинамика* започва със специална глава, посветена на методологически въпроси.

Накрая, за разкриване на възпитателното значение на дискутирания процес, ще се позовем и на мнението на нашите специалисти (вж. 12, с. 82), според които "Системата и структурата на природонаучните понятия, закони, теории и методи са естественонаучна основа за философски обобщения, за изграждане на научни възгледи за природата и за формиране на познавателно-оценъчно отношение на човека към обкръжаващата го природа, за решаване на глобалните екологически и технологически проблеми на човечеството. Овлабяването на универсални методи за придобиване на нови знания развиват у учениците стремеж към търсене на истината, критичност и свобода на мисълта, цялостното нравствено израстване на личността."

²⁵ Разумовский В. Г. *Всесоюзный методический фестиваль "Урок физики – 88"*, Физика в школе, 1989, 2, с.29.

²⁶ Разумовский В. Г., И. В. Корсак *Научный метод познания и государственный стандарт физического образования*, Физика в школе, 1995, 6, с. 20.

²⁷ Цит. по Am. J. Phys., 1981, 49 (8), p. 711.

²⁸ Гомоюнов К. К. *О фундаментализации технического образования*, Вестник высшей школы, 1989, 4, с. 21.

2. Овлабяването на структурирани физични знания – начин за формиране стил на научно мислене

Известно е, че двата актуални и днес проблема пред частните методики на обучението кратко могат да се формулират като *проблем какво* и *проблем как* да се учи, като²⁹ "водещ между тях е въпросът за съдържанието на образованието, от което методите на обучение са производни.". Пак там се отбелязва, че цялостна и общоприета педагогическа теория за формиране съдържанието на учебните предмети все още няма и решенията на проблема се търсят в рамките на отделни науки и учебни предмети. Същото твърдение фигурира и в (13, Онищук, с. 61), където претовареността на учебните програми и на учебниците със сложен и второстепенен материал се отдава на факта, че формирането на учебното съдържание се осъществява емпирично. Подобни изводи важат, разбира се, и у нас – проблемът за учебното съдържание си остава един от перманентните научно-педагогически проблеми.

Усъвършенстване на учебното съдържание може да се осъществи по два начина. Единият включва нов подбор на знанията и е резултат както от развитието на самата наука, което води до преценка на мястото и ролята на някои от знанията, до отпадането на едни за сметка на други, по-нови знания, така и от промяна на критериите за подбора на знанията. Вторият начин е усъвършенстването на структурата на съдържанието. Значението на тази структура е отдавна подчертано в нашата педагогика (вж. 10, с. 127): "Усвояването на фундаменталната структура на знанията: а) спомага за усъвършенстването на паметта; б) осигурява решаването на важния проблем за пренасянето на знанията и в) подпомага съкращаването на разрыва между обучението и бъдещата професионална дейност." (к.а.). Същата мисъл се подчертава и от други автори³⁰: "Излагането на структурата на знанията, овладяването на тази структура, а не просто овладяването на факти и технически прийоми е централен момент в класическия проблем за пренос."

Каква следва да бъде посоката на усъвършенстване структурата на учебното съдържание? Отговорът на този въпрос конкретно за обучението по физика следва, като се отчете, че целите на това обучение се постигат както чрез овладяване на определена съвкупност от знания и умения, така и чрез формиране на стил на научно мислене. Този стил е необходимо условие, без което не може да се разчита нито на творчески изяви на възпитаниците на училището, нито на това, че след излизане от училище те ще бъдат в състояние да придобиват знания самостоятелно. Още по-конкретно – принципите на подбор и структуриране на учебното съдържание трябва да осигурят формиране у всички учащи се основи на научно-теоретично мислене, а необходимо условие за това е в учебните предмети да се търси съдържателно обобщение на материала и на съдържащите се в него теоретични понятия.

Оттук произтича и важната задача за формиране на специфични черти на физическо мислене, което съдържа всички характерни черти на научното мислене. Тази задача бе формулирана още преди три десетилетия при създаване на новите тогава учебни програми в бившия Съветски съюз. Тогава физическото мислене бе определено като специфичен мисловен процес, в който се проявява съвкупност от умения за наблюдаване на физични явления, за разчленяване на съставните им части, за установяване връзките както между частите, така и с други явления, за разкриване количествените и качествените зависимости, проявяващи се в хода на явленията, за получаване следствия от физичните теории и прилагане на знанията (вж. напр.³¹, с. 172). На първо място сред способите за развиване на

²⁹ *Теоретическите основи содержания общего среднего образования*, под ред. В. В. Краевского и И. Я. Лернера, М., Педагогика, 1983, с. 3.

³⁰ **Брунер Дж.** *Процес обучения*, М., Изд. АПН, 1962, с. 15.

³¹ *Основы методики преподавания физики в средней школе* Под ред. Перышкина и др., М., Просвещение, 1984.

физическото мислене същите автори сочат *разкриването на логиката на основите на физиката*.

Изискването за разкриване логиката на основите на физиката може да се удовлетвори, ако при излагане учебното съдържание се спазва принципът за генерализацията му на базата на фундаменталните физични теории, закони и понятия (вж. 17, с. 39). На същото място се указва, че реализацията на този принцип "позволява да се види *йерархията* на неговите (на учебното съдържание – б.м.) структурни елементи, а също да се установи оптималната им за изучаване последователност. Открояването на главното, основното и подчиненото в учебния материал облекчава учебния процес, позволява да се генерализират по съответен начин и знанията на учениците, което способства за формиране у тях на научно мислене. На това съдейства също запознаването със *структурните елементи* на физическото знание, такива като факти (явления и опити), понятия, закони, теории." (к.м.).

Разкриването на структурата на физичните знания допринася пряко за решаване и на друга задача на обучението, която също е тясно свързана с формирането на стил на научно мислене – със задачата за запознаване с пътя на получаване на научните знания, с това, което кратко се нарича научен метод на познанието. Стремещът да се изгражда представа за този метод чрез директно запознаване с него е безсмислен – всеки опит да се търси място в обучението, където да се изброява и обяснява онова, което смятаме, че представлява елементи на научния метод, има за резултат една картина, която е твърде неясна и непълна, за да бъде полезна. Много по-ефективно е решение на задачата да се търси в процеса на изучаване на основите на самата наука, при усвояване на нейното съдържание. Умението да се мисли по определен начин се изгражда най-добре на основата на определен конкретен материал. Необходимо условие за формиране на това умение е обаче системността на обучението. Всички елементи на физичните знания – явления, понятия, закони, теории – следва да бъдат структурирани в ясно изградени системи, в които се открояват вътрешните, системообразуващите връзки. При това, както вече бе отбелязано, този път не изисква разширяване на учебното съдържание или допълнително учебно време – той предполага само подходяща разстановка на акцентите в него и използване на такива методи на обучение, които способстват най-добре за разкриване структурата на дадена теория.

3. *Физичната теория – основна компонента в структурата на учебното съдържание*

Известно е³², че "в структурата на научното знание може да се разграничат пет основни равнища на обобщение и систематизация на материала:

1. Равнище на наблюдението и опитните зависимости.
2. Равнище на частни научни модели.
3. Равнище на научните закони и принципи.
4. Равнище на фундаменталните теории.
5. Равнище на научната (в случая - физичната) картина на света."

Въпреки, че в някои разработки формулировките на равнищата се различават (в някои се изпуска първото от тях, не се оспорва твърдението, че издигането на научното равнище на курса изисква обобщения на равнището на физична теория.

Необходимостта от изучаването на тези теории е залегнала и в английските държавни стандарти дори за едно такова сравнително ниско равнище, каквото е застъпено в предмета Science³³. При това става дума не за изучаване на отделни елементи на дадена теория, което

³² **Ефименко В. Ф.** *Методологические функции концепции физической картины мира*, в сб. "Физика. Методология. Мировоззрение", под ред. В.Ф.Ефименко, Владивосток, Изд.Дальневост. университета, 1985, с. 8.

³³ **Parkhouse P. G. J.** *Emphasizing theory in science education*, Phys.Educ., 29, 4, 1994, p. 204 – 208.

и сега е застъпено в достатъчна степен в учебното съдържание, а за отразяване на цялостната структура на теорията – това, което се нарича "ориентация на цялостност" (вж. 29, с. 21).

На какво се дължи това специално внимание към физичните теории? Преди всичко на факта, че "Сред всички природонаучни теории физическата теория се отличава с високо равнище на систематизация на знанията, с логическо съвършенство, с дълбоко проникване в нея на математиката, с непосредствената си връзка с експеримента – всичко това позволява да се счита физическата теория образец на теоретично знание, за сега недостижим за другите науки. Ето защо е така важно да се формират у учащите се методологични знания за същността и структурата на научната теория, за методите на теоретичното познание на природата." (вж. 22, с. 31).

Когато твърдим, че за формиране стил на научно мислене е съществено да се разкрие структурата на физичните знания, имаме предвид именно структурата на теориите, които са висша форма на научното знание, а не например такива форми като понятията или законите. Тъй като по степен на своята общност теорията стои най-високо в системата на научните знания, тъкмо физичната теория е онзи елемент на знанията, който предлага най-големи възможности за логическа организация на големи части от учебния материал. Особената роля на теориите се дължи на факта, че в тях е "зафиксиран съвременният научен стил на мислене"³⁴, на това, че теорията не само обяснява и обобщава изучените факти, а също така помага да се организира мисленето на учениците. Пак там се подчертава, че "Научната теория отразява не само обективните закономерности на материалния свят, но и неговото познание, отразява определен начин на мислене. Тази функция на теорията е необикновено важна в обучението и изучаваната в училище физична теория трябва да отразява конкретния научен начин на мислене, а нейното овладяване трябва да осигури, наред с усвояването на съвкупност от знания, още и формирането на този начин на мислене."

В методическата литература значението на изучаването на структурата на физичните теории се обосновава още с ролята ѝ като "средство за систематизация, обобщаване и евристично предвиждане."³⁵, "за развиване на познавателната активност на учащите се"³⁶ и особено – за разкриване красотата на физичните теории³⁷. При това последното, освен за естетическото възпитание, допринася и за развиване на "оценъчните възгледи на учениците, способствайки по този начин за високо равнище на развитие на личността."³⁸, т.е. спомага за реализиране развиващата функция на обучението.

Обикновено тезата за засилване ролята на теорията в учебното съдържание поражда опасения за прекомерно "теоретизиране" и "математизиране" на курса по физика. Трябва да се има предвид, че засилване ролята на теорията не означава непременно "увеличаване броя на формулите, математическите изводи и словесните обяснения." (вж. 34, с. 22). Както ще стане ясно в следващите части, засилването на ролята на теорията тук разбираме преди всичко като **експлициране на нейната структура**.

³⁴ Мултановский В. В. *Формирование мышления учащихся при изучении физической теории*, Физика в школе, 1976, 4, с. 22.

³⁵ Разумовский В. Г. *Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике*, М., Просвещение, 1975, с. 85.

³⁶ Разумовский В. Г. *Реализация важнейших направлений реформы в преподавании физики*, Физика в школе, 1985, 2, с. 4.

³⁷ Сущенко С. С., Л. А. Емельянова *Мотивация познавательной деятельности учащихся при изучении электромагнетизма*, Физика в школе, 1982, 6, с. 49.

Jennison В. *The Cavendish experience*, Phys. ed., 1995, 30, 2, p. 62.

³⁸ Ланина И. Я. *Формирование познавательных интересов учащихся на уроках физики*, М., Просвещение, 1985, с. 18.

4. Избор на модел за физична теория

Според всеобщото схващане, структурните изследвания на физичните теории принадлежат към мета-теорията на физиката, но разкриването на структурата на тези теории е необходим елемент на учебното съдържание на физиката като учебен предмет³⁹. Известно е, обаче, че "готови, канонизирани и подходящи за всички случаи изложения на теориите няма и не може да има. Няма от къде да се вземат елементите на теорията или да се пренесат с известна методическа "поправка" в училищния курс. По такъв начин включената в него теория трябва да бъде специално построена като учебна система от знания, съответстваща на формите на научно-теоретичния начин на мислене и отговаряща на съвременното равнище на науката." (вж. 34).

Системно-структурният подход при изучаване на една теория изисква разкриване, първо, на основните елементи на теорията и, второ, на логическите връзки и отношения, които свързват тези елементи. И доколкото науката представлява "организирано знание и основно изискване към нея е класификацията на обектите ѝ по типове и видове"⁴⁰, изборът на модел за физична теория включва преди всичко уточняване и класифициране на нейните елементи или части.

Общо взето, в литературата няма единство по въпроса за елементите (частите) на една теория, въпреки че мненията на различните автори до голяма степен се припокриват. Така например разглеждането на една физична теория в тесен смисъл като "логическа структура, основана на предположения и дефиниции, които позволяват да се предсказват резултатите от максимален брой различни опити чрез минимален брой постулати."⁴¹ фактически свежда елементите на физичната теория до предположения, дефиниции и постулати. По същия въпрос в⁴² в качеството на елементи на теорията се посочват идеи, понятия, хипотези и закони, а някъде (вж. напр. 13, Онищук, с. 66) списъкът на елементите е още по-широк и включва научни факти, основни понятия, хипотези, постулати, следствия и структурните връзки между тях. Към тях, когато става дума за физична теория, често се добавят като "изключително важна част" процедурите на измерване, с чиято помощ "термините на теорията придобиват връзка с емпиричните данни..."⁴³.

4.1. Множественост на моделите на физична теория

Именно в тази съвкупност от елементи трябва да се въведе определена класификация, за да придобие теорията определена структура. Веднага трябва да се отбележи, че дори в науката този проблем няма единствено решение. Известно е⁴⁴, че "...елементите на научните знания се намират помежду си в извънредно сложна връзка, допускаща множество подходи и построяване на различни системи, логически еднакво безупречни. Всяка от тях може да се нарече логика на науката.". В подкрепа на това твърдение може да се посочат два примера за изграждане на електродинамиката, които коренно се различават както един от друг, така и от традиционно възприетия начин. Единият е реализиран в⁴⁵ – един фундаментален университетски учебник, в който цялата електродинамика се извежда от закона на Кулон и специалната теория на относителността. Като курioз може да се посочи, че още през 1948 г. Файнман е извел уравненията на Максвел, използвайки само втория принцип на Нютон и

³⁹ **Schroter J.** *Das L-Konzept physikalischer Theorien*, Praxis der Naturwissenschaften-Physik, 1990, 2/39, s. 20.

⁴⁰ **Nagel E.** *The Structure of Science*, Harcourt, Brace & World, Inc., N.Y., 1961, p. 3.

⁴¹ **Rohrlich F.** *Classical Charged Particles*, Addison - Wesley publishing company inc., Reading, Massachusetts, Syracuse, N.Y., 1964, p. 1.

⁴² **Рузавин Г. И.** *Научная теория – логико-методологический анализ*, М., Мысль, 1978, с. 7.

⁴³ **Баженов Л. Б.** *Строение и функции естественнонаучной теории*, М., Наука, 1978, с. 19.

⁴⁴ **Соколовский Ю. И.** *Онтодидактический арсенал методики физики*, Физика в школе, 1974, 5, с. 54.

⁴⁵ **Torre E. D., C. V. Longo** *The Electromagnetic Field*, R.E.Krieger Publ.Comp., Malabar, Florida, 1979.

обикновените комутационни съотношения от квантовата механика⁴⁶. Удивителното в случая е, че от чисто нерелативистични предпоставки той успява да получи релативистично инвариантни съотношения.

Тези два примера сочат убедително, че наистина логиката на науката е не единствена, че една и съща научна теория може да бъде построена по различни начини и на основата на коренно различни предпоставки. Когато нещата се разглеждат от дидактическа гледна точка, обаче, положението се усложнява, тъй като "Различните логически построения, отнасящи се към определена област от знанието и напълно еквивалентни в научно отношение, значително се различават от *дидактическа гледна точка* (к.м.)... Изборът на "най-дидактичния" от тях е извънредно важен и далече не прост. В тази светлина въпросът за логиката на науката и логиката на учебния предмет придобива друг смисъл: в каква степен последният следва да отразява един от възможните варианти на логическата структура на науката и кой именно?" (вж. 44).

Различните възможности в това отношение намират реализация в различните модели за физична теория, които се използват в литературата по методика на обучението по физика. Така например теорията може да се разглежда като структура от само две части – основа и следствия (вж. напр. 29, с. 109). В качеството на елементи на основата се сочат понятията и основните закони, като се счита, че научните факти се включват в теорията опосредствено.

Друг "двучастичен модел" на теория⁴⁷ различава в теориите същите две части – основа и следствия, но елементите на основата се излагат по детайлно: "Основата включва следните елементи: група понятия, изходни положения (постулати), емпиричен базис – научни факти, опосредствено влизащи в изходните положения... Изходните положения (постулати)... са твърдения, които логически не се извеждат от други знания в рамките на тази теория, а са обобщения на опита и се проверяват опитно..." Като недостатък на този модел може да се посочи твърде широкото разбиране, което той влага в понятието основа на теорията, което от своя страна затруднява по-нататъшното изясняване на структурата на самата основа.

Трети, по същество също "двучастичен модел" на теория, се използва в⁴⁸: "Спецификата на научната теория определя система от абстрактни обекти, която лежи в основата на построението ѝ. Тази система от обекти наричат затова концептуално ядро на теорията, неин базис или теоретична схема. Това концептуално ядро, следователно, представлява от само себе си съвкупност от фундаментални закони и принципи, заедно с исканите понятия и допускания." По този начин в този модел не се различават основата и ядрото на теорията, което, от дидактическа гледна точка, може да се разглежда като слабост.

В⁴⁹ елементите на теоретичните знания вече са три: "а) система от изходни теоретични понятия, принципи и хипотези; б) собствено теорията и в) съвкупност от следствия от теорията." Тук както понятията, принципите и хипотезите, така и следствията, се отделят от "собствено теорията", но каква е структурата на последната – не се дебатира.

За разлика от изброените дотук модели, съществува и модел (вж. 42, с. 61), в който научната теория се разглежда като система от четири части:

"1) емпирични предпоставки на теорията: нейните основни факти, данните и резултатите от тяхната най-проста логико-математическа обработка;

⁴⁶ Dyson F. J. *Feynman's proof of the Maxwell equations*, Am.J.Phys., 58, 3, p. 209.

⁴⁷ Зорина Л. Я. *Дидактические основы формирования системности знаний старшеклассников*, М., Педагогика, 1978, с. 57.

⁴⁸ Друянов Л. А. *Место закона в системе категории материалистической диалектики*, М., Высшая школа, 1981, с. 102.

⁴⁹ Мостепаненко А. М. *Методологические и философские проблемы современной физики*, Л., Изд. Ленингр. университета, 1977, с. 15.

2) изходен теоретичен базис: главните допускания, идеализации, постулати или аксиоми, фундаментални закони или принципи;

3) логически апарат на теорията: правилата за определяне на производните понятия с помощта на основните логически правила за изводи или доказателства;

4) всички потенциално възможни следствия или изводи от теорията."

Разбира се, съществуват случаи, когато следствията (наречени обяснения и предсказания) се изключват от съдържанието на теорията⁵⁰.

Разнообразието на модели за теории потвърждава още веднъж, че "Всички опити да се намери единна, обща схема, която отразява структурата на всяка научна теория са безуспешни. Това означава само, че проблемът за анализ на логическата структура на теорията не трябва да се поставя така широко: той може да се реши успешно само ако се разглежда определен клас теории, които са генетически или функционално свързани." (вж. 42, с. 28).

4.2. Моделът на Кузнецов за физична теория

Предмет на изследване тук е именно един определен клас теории – физичните. Стесняването на разглежданата съвкупност наистина намалява възможностите за различни модели – сред специалистите по методика на физиката в Русия и у нас отдавна е възприет един модел, предложен преди доста години от И. В. Кузнецов⁵¹. Съгласно този модел елементите на физичните теории могат да се обединят в три части (наричани от някои автори елементи): **основа, ядро и следствия**.

Според автора на модела (вж. 51, с. 30), към основата на една теория се причисляват преди всичко "набор от факти – сравнително немного, съответно обобщени, "уплътнени" и систематизирани", които образуват емпиричната основа на теорията като първи елемент на основата ѝ. При осъществяване на прехода от емпиричната основа към съвкупността от нови понятия роля на мост изпълнява особен елемент в структурата на теорията, който авторът нарича идеализиран обект, т.е. абстрактен модел, притежаващ неголям брой най-общи свойства и проста структура. Освен това "Заедно с разработката и уточняването на идеализирания обект протича въвеждането на цяла система от фундаментални понятия.", а всяко от тези понятия е свързано с физични величини, съотнасящи се с реалния физичен обект чрез процедури за измерване.

По такъв начин *основата на теорията включва два елемента – емпирична основа и идеализиран обект*.

Главен структурен елемент на ядрото на физическата теория е системата от общи закони, изразени в математически уравнения, които определят връзките между фундаменталните физични величини, установяват промените на последните в пространството и времето (вж. 51, с. 34). Основна задача на уравненията е да изразят специфичните закони за развитие, функциониране на идеализирания обект. Към ядрото още се причисляват правилата за физическа интерпретация на уравненията, които с течение на времето може да се променят. Като особен вид закони, влизащи в ядрото, се отбелязват свързаните с принципите за симетрия закони за запазване, които биват общи, отразяващи необходимата вътрешна връзка между различни теории и единството на физичното знание, и специфични за дадената теория закони за запазване. Накрая, към ядрото си причисляват и универсалните константи, влизащи в теорията и законите за нейното развитие.

(Във всички случаи, в които дотук и по-нататък се употребява терминът "основа на дадена теория", следва да се отчита, че в него се влага смисълът, който се влага в термина в методологията на науката. Този смисъл бе изяснен по-горе и е много по-тесен от смисъла, в който същият термин се употребява в дидактиката. По този въпрос виж по-нататък 1.4.2.1.)

⁵⁰ Parkhouse P. G. J. *Emphasizing theory in science education*, Phys. Educ., 1994, 29, 4, p. 204–208.

⁵¹ Кузнецов И. В. *Избранные труды по методологии физики*, М., Наука, 1975.

Структурни елементи на третата част (или според авторската терминология – възпроизвеждане, а също така – обща интерпретация на основното съдържание) на теорията са обясненията на съвкупността от известните опитни факти и предсказанията за нови физични явления. Поради тази причина в следващите разработки на методите тази трета част остава най-често с наименованието следствия от теорията.

За преходът между различните части на теорията авторът отбелязва (вж. 51, с. 40) следното. "От емпирическият базис до ядрото на теорията за мисълта на изследователя не съществуват никакви еднозначно и строго определени логически пътища. Тук огромна, често решаваща роля играят интуицията и въображението на учения." Същевременно "По-друг е преходът от ядрото на теорията към следващия "етаж", където в качеството на най-важни структурни елементи се явяват обясненията на съвкупността от известните емпирични факти и предсказанията на нови физични явления. Тези елементи трябва да се представят като система от строго извеждани следствия, получавани от ядрото на теорията по пътя на логическа дедукция, подчинена на точно формулирани математически спецификации."

Този модел за физична теория бе възприет в повечето учебници по методика на обучението по физика (вж. напр. 31, с.81, а също така⁵² и др.). Необходимостта от адаптиране на модела към условията на обучението доведе до неговото доразработване и детайлизиране в работите на редица специалисти по методика на обучението по физика. Така например (вж. напр. 38, с. 19) към основата на теорията понякога се причисляват исторически натрупани откъслечни сведения, научни факти, основни понятия, модели на понятията и явленията, основни и производни величини, а така също и математически апарат. По малко по-различен начин изглеждат разпределени елементите на теорията в (34). Там към основата на теорията се отнасят емпирическият базис, идеализираният обект и основните физични величини, а ядрото обединява постулатите, принципите на теорията и математическият ѝ модел. Накрая, като елементи на основата на теорията се посочват⁵³ наблюденията, експериментите, главните понятия и величини и - идеалния модел на изучавания обект. Ядрото на теорията, според същия автор, включва постулати, закони и константи, а към следствията той причислява следствия от теорията (като правило – във вид на формули), експерименталната ѝ проверка, границите на приложимост и практическите приложения.

Ясно е, че в посочените примери разликите се дължат както на различието в използваните модели, така и на различия в използваната терминология. (Така например в 49, с. 17 вместо ядро на теорията се използва терминът "формулировка на теорията".) Подобни различия са обясними, тъй като статусът на не всички елементи на теорията е еднозначно определен.

На основата на модела са разработени и планове с обобщен характер за изучаване на физична теория, в които частите на теорията обикновено се развиват, но елементите остават същите. Такъв план например включва⁵⁴:

1. Опитните факти, послужили за основание за разработка на теорията.
2. Основните положения на теорията.
3. Кръга явления, обяснявани от теорията.
4. Математическият апарат на теорията, нейните основни уравнения.
5. Опитните факти, потвърждаващи основните положения на теорията.
6. Явленията и свойствата на телата, предсказвани от теорията.

⁵² Бугаев А.И. *Методика преподавания физики в средней школы*, М., Просвещение, 1981, с. 73.

⁵³ Найдин А. А. *Использование обобщающих таблиц при формулировании физических понятий*, Физика в школе 1989, , 3, с. 51.

⁵⁴ Усова А. В., З. А. Вологодская, *Самостоятельная работа учащихся по физике в средней школе*, М., Просвещение, 1981, с. 36.

От плана се вижда кои, според авторите, са структурните елементи на една физична теория. Друг, значително по-различен обобщен план, включва⁵⁵:

1. Обект на теорията, неговото съотношение с природния обект.
2. Предмет, задача на теорията.
3. Основа на теорията – понятия, принципи (хипотези), допълнителни резултати от опита.
4. Метод на изследване, прилаган за решаване задачата на теорията.
5. Следствия от теорията.
6. Граници на приложимост на теорията.

В този обобщен план тежестта пада върху основата на теорията, чието съдържание е твърде разширено, като включва и неясния елемент "допълнителни резултати от опита".

Разбира се, изборът на единствен модел и строгото придържане към него крият известна опасност от догматизиране. За съжаление, строго ограниченото учебно време не дава възможност за разглеждане на различни възможности. Подобна опасност отбелязва още де Бройл, според който безусловно⁵⁶ "преподаването по самата си същност има склонност към догматизъм, стреми се да придаде окончателна, застинала форма на състоянието на знанията ни, които в действителност винаги са временни.". В случая, обаче, този опасност следва да се разглежда като по-малката беда в сравнение с последствията за знанията, когато последните се излагат въобще безструктурно.

4.2.1. Терминологичният проблем "основи на науката" – "основа на теорията"

Във всички случаи, в които дотук и по-нататък се употребява терминът "основа на дадена теория", следва да се отчита, че в него се влага смисълът, който се влага в термина в методологията на науката. Този смисъл бе изяснен в 1.3.2 и е много по-тесен от смисъла, в който терминът "основи на науката" се употребява в дидактиката, където той се разглежда като водеща компонента на предметните научни знания и включва всички структурни елементи на науката - факти, понятия, закони, теории, методи и т.н. (190, с.210). Пак там се пояснява, че в дидактиката към основите на науките се включват "такива знания, които, отличавайки се от знанията, зафиксирани в самата наука по дълбочина и по обем, им съответстват по съдържание и характер на връзките между техните елементи." В случая този широк, дидактически смисъл на понятието "основи на науките" не се използва.

Смесване и колебание при тълкуването на термина "основа" може да настъпи когато под "наука" се подразбира някоя конкретна физична теория. Така например електродинамиката сама за себе си представлява една физична наука и когато се говори за "основи на електродинамиката" не е ясно какво се има предвид: основата ѝ в смисъла на разглеждания модел на физична теория или основата в дидактическия смисъл на думата. Примерите за използване на термина "основи на теорията" в широкия, дидактически смисъл има много (вж.напр.190, с. 218), където се твърди, че най-голямата "водеща дидактическа единица на съдържанието за основите на физиката са основите на теорията."(к.м.)). По-нататък дискутираният термин се употребява само в тесния му смисъл.

4.3. Адаптиран модел на физична теория

Приведеното по-горе изложение на модела за физична теория (вж. 51), е основа за анализ на различни физични теории с цел дидактическата им преработка с цел тяхното отразяване в учебното съдържание. По-детайлното разглеждане на модела показва, обаче, че неговите части (и по-специално първите две – основата и ядрото) съдържат твърде неравно-стойни по своето значение елементи. Този факт представлява резерв, който може да се

⁵⁵ Свйтков Л. П. *Изучение структуры физической теории*, Физика в школе, 1987, 4, с. 55.

⁵⁶ Бройл Л. де *По тропам науки*, М., Изд.иностр.лит., 1962, с. 343.

използва, когато самата структура на теорията трябва да се заложи в учебното съдържание, тъй като е ясно, че в училище няма възможност да се отдели време за отразяване на модела с всички негови детайли. При подобна адаптация на модела за теория някои от елементите на теорията изпадат от схемата в смисъл, че не се включват в нейните основа или ядро, без, разбира се, да изпаднат изобщо от учебното съдържание. По такъв начин се удовлетворява едно очевидно изискване към адаптирания модел: той трябва да бъде достатъчно прост, за да може да се възприема лесно, да се усвоява и да служи като рамка при изучаване и на други теории.

Подобен адаптиран вариант на модела за физична теория е използван в следващите части. Основните различия между него и пълния модел се отнасят до елементите на основата на теорията. Преди всичко при адаптацията се детайлизира елементът *емпирична основа*, чиято същност в 51 се описва като "набор от факти". Фактите представляват всъщност съвкупност от наблюдавани явления и експериментални резултати. Не всички от тях обаче трябва да се причислят към основата на науката – както бе цитирано по-горе, те трябва да бъдат "съответно обобщени, "уплътнени" и систематизирани". В резултат от това обобщение и систематизация измежду цялата съвкупност се обособяват онези явления и експерименти, които в следващия раздел са наречени *фундаментални явления* и *фундаментални експерименти*. Обобщените количествени резултати от фундаменталните експерименти от своя страна намират израз във *фундаменталните експериментални закони*, върху които се гради теорията.

По-нататък при адаптацията на модела се изоставят термините "емпирична база" и "идеализиран обект", като вместо последния, като елемент на основата на теорията се въвеждат *фундаменталните понятия*, в които по същество е отразен този обект.

Накрая от структурата на основата се изпускат като елемент и измервателните процедури, чрез които се въвеждат величините, характеризиращи фундаменталните понятия на теорията. Едно оправдание за това би могла да служи простотата, характерна за тези процедури в електродинамиката, и достатъчно детайлното запознаване с тях още при началното запознаване с теорията (за разлика, например, от измервателните процедури, използвани в квантовата механика или в специалната теория на относителността, където изясняването им наистина има принципно значение при изграждане на теорията).

По такъв начин, като елементи на **основата на теорията** в адаптирания модел остават **фундаменталните явления, фундаменталните понятия, фундаменталните експерименти и фундаменталните експериментални закони**. (В един начален вариант на адаптирания модел, реализиран в⁵⁷ към основата на теорията бе включена и системата от основни величини, но в това, което следва тя е изпусната – и заради известната доза субективизъм при определянето ѝ, и с цел за опростяване.)

Като единствен структурен елемент на ядрото на теорията в адаптирания модел са оставени общите закони, които, поради естеството на описвания от теорията обект, тук се наричат **основни закони на полето**.

Принципите също са изключени като елемент от ядрото на теорията. Известно основание за това е фактът, че най-често понятията закон и принцип на науката се възприемат като едностепенни и трудно различими.

Правилата за физическа интерпретация на уравненията се включват без да се именува специално като такива (у нас е възприет терминът "физически смисъл", който се използва на съответните места).

Заради невъзможността на равнището на разглежданията в училище да се разкрият съдържащите се в електродинамиката симетрии, последните не са включени към ядрото ѝ, а

⁵⁷ Попов Хр., Т. Сугарев, Др. Иванов *Физика за 11. клас на СОУ, Електродинамика*, С., Просвета, 1992, с. 66.

специфичният за нея закон за запазване на електричния заряд е причислен към фундаменталните свойства на заряда (приём, който се приема от редица автори).

Последният елемент, който отпада в адаптирания модел с цел опростяване на схемата, са универсалните константи, влизащи в теорията. В случая с електродинамиката те са три – елементарният заряд e , електричната константа ϵ_0 и скоростта на светлината c във вакуум и техният смисъл се изяснява достатъчно пълно при изучаването на теорията.

По такъв начин структурата на адаптирания модел на една физична теория може да се представи по следния начин:



Може да се каже, че по отношение на пълния модел, предложен от Кузнецов, описаният тук и използван по-нататък модел е *адаптиран структурно* в съответствие с изискванията на дидактическия принцип за достъпност и терминологично – в съответствие с особеностите на използваната в електродинамиката терминология.

5. Електродинамиката – подходящ раздел на физиката за илюстриране модела на физична теория

В училищния курс по физика знанията се обединяват главно около четири теории: механика, термодинамика, електродинамика и квантова теория. Изследванията показват, че в учебните програми по физика през 80-те години в страните, чието образование бе построено по подобие на това в бившия Съветски съюз, на първите три от тях се отделя съответно 32%, 29% и 16% от учебното време, отделно за обучение по физика (вж. 17, с. 9). Подобно е положението и в развитите западни страни⁵⁸. Вижда се, че въпросите на електродинамиката заемат значително място в курса по физика.

Значителното внимание, което се отделя на електродинамиката в обучението по физика се дължи не само на значението на този раздел за формиране на общата физична картина за заобикалящия ни свят и на неговата практическа значимост. Преди всичко към електродинамиката удивително добре подхожда казаното⁵⁹ като обяснение на удивителната устойчивост (в продължение на почти 2500 години) на евклидовата геометрия: тя се "характеризира с поразителна логичност и методическа завършеност" и представлява "превъзходна основа за възпитаване на логическо мислене на общодостъпни примери, които имат широко практическо приложение". Поради тези си качества електродинамиката е особено подходяща за усвояване на общата методологическа схема на научното познание (т.е. на прехода от факти към хипотези, оттам – към теория и нейните следствия и проверка) (вж. 22, с. 36). Както се отбелязва в методиката под ред. На Каменецкий и Иванова (вж. 13, с. 165), изучаването на електродинамиката пряко спомага за решаване на задачите на развиващото обучение чрез развитие на логическото и теоретическото мислене, и в крайна сметка води "към развитие на интелекта и творческите способности на учениците." Пак там

⁵⁸ *Научные основы школьного курса физики*, Под.ред. Шамаша С.Я., Э.Е.Эвенчик, М., Педагогика, 1985, с. 111.

⁵⁹ *Розенталь И. Л. Геометрия, динамика, Вселенная*, М., Наука, 1987, с. 5.

се посочват и особеностите на електродинамиката, които способстват за това: за формиране на теоретично мислене са от значение съществуващите в електродинамиката обобщения и идеализации. За развитие на логическото мислене е от значение стройната ѝ логика като теория и "опората при изучаването ѝ в общите методи на познанието... Учащите се овладяват умения да открояват в изучаваните явления главното, да абстрахират, а по-нататък – да извличат необходимите изводи, придобиват навици за преход от общото към частното."

Освен казаното дотук, електродинамиката като физична теория удовлетворява изискването за максимална общност, което се разглежда като един от методологическите регулативи за всяка теория, според който "от теоретичните построения трябва да се извеждат не само тези явления, за обяснение на които те се предлагат, но и възможно по-широк клас явления, на пръв поглед непосредствено не свързани с първоначалните явления." (вж. 43, с. 102). Фактът, че електродинамиката, създадена за обяснение на електричните и на магнитните явления, успя да обхване в себе си, да обясни цяла друга, развила се съвсем независимо от нея наука – оптиката, е достатъчен, за да се констатира, че тя наистина отговаря на изискването за максимална общност. Същото може да се каже и за друг подобен регулатив – нейната предсказателна сила, като тук най-типичният пример са предсказанията на нейна основа електромагнитни вълни.

Когато се преценява знанието от коя от четирите фундаментални физични теории, застъпени в курса по физика, са най-подходящи за структуриране по модела на физичните теории, трябва да се отчитат и редица други фактори. Така например би могло квантовата теория да се изключи още по начало – както поради някои типични за нея методологични трудности, така и поради факта, че в училище, дори в курсовете със задълбочено изучаване на физиката, знанията не могат да се задълбочат дотолкова, че да се очертаят елементите и структурата ѝ като теория. В знанията по механика и термодинамика прозират доста от контурите на една физична теория, но при изясняване на фундаменталните понятия на механиката, например, стои известният в методиката на физиката тежък проблем за въвеждането на понятията сила и маса. От друга страна структурата в термодинамиката се усложнява от преплитането в нея на два коренно различни подхода при обясняване на топлинните явления – подходът, основан на молекулно-кинетичната теория и статистическият подход. В допълнение на това невъзможността да се използва по-сложен математичен апарат води до обедняване на количествените съотношения, които могат да се разглеждат като следствия от нейните основни уравнения (принципите на термодинамиката).

Когато се преценяват преимуществата на електродинамиката пред другите физични теории следва да се отчита, че нейните компоненти могат сравнително лесно да се представят във вид на "структурно оформено развиващо се цяло, обединено от обща интерпретация." (вж. 9, с. 214). Въпросът за разкриване на нейната цялостност ще бъде засегнат в следващите раздели. От друга страна, развитието на това цяло може да се проследи в две посоки. Първата от тях включва прехода от експериментални закони към основни закони на полето, а втората е специфична за електродинамиката и се проследява при прехода от статични към стационарни и оттам – към зависещи от времето явления. Тази втора посока дава възможност при изграждането на електродинамиката една и съща схема, един и същи модел за теория, да се приложи трикратно, което, от дидактична гледна точка, спомага за затвърдяването на този модел.

Същевременно обаче електродинамиката един от най-сложните раздели на училищния курс по физика. Може би поради тази причина при сегашното структуриране на знанията по електродинамика споменатите богати възможности не се оползотворяват пълноценно. Така например в коментара за структурата на четирите фундаментални физични теории (вж. 34) се отбелязва, че "Разработката на електродинамиката в този план (т.е. като физична теория – б.м.) е още далече от завършване.", тъй като обобщенията в нея са

само до равнището на отделните нейни раздели (електрично поле, постоянен ток, магнитно поле, електромагнитна индукция). Подобна слабост се отбелязва и в 58, с. 5, където се обсъжда степента на генерализация на знанията около четирите фундаментални физични теории и се констатира, че в електродинамиката тенденцията за генерализация е прокарана относително слабо. Една последица от тези несъвършенства е фактът, че основните понятия, формули и закони на електродинамиката се усвояват само на най-ниското – репродуктивно равнище (58, с. 114).

В⁶⁰ се разкрива, че при сегашния начин на излагане на електродинамиката се проявяват две съществени слабости. Първо – не се разкрива органичната връзка между действията и свойствата на стационарните електрично и магнитно полета, от една страна, и разпространяващото се в пространството електромагнитно поле. Второ – основните идеи на Максвел се излагат декларативно, без количествени съотношения. И накрая, общ недостатък на раздела електродинамика "от гледна точка на теоретичното обобщение на материала е феноменологичния характер на изложението, отсъствието на общо теоретично ядро." (вж. 17, с. 92).

Тези изводи са направени въз основа на анализ на учебното съдържание по физика в бившия Съветски съюз, но доколкото нашият курс се градеше върху същите идеи и принципи, те несъмнено се отнасят и за него. Подобни изводи, разбира се, са правени и у нас. Така например в⁶¹, след констатацията, че дедуктивната схема на механиката и на термодинамиката в нашия курс е сравнително добре очертана, се отбелязва: "Не може да се каже същото за изучаването на основите на електродинамиката. Въпреки полаганите усилия, все още преподаването ѝ е изградено по начин, от който не личи ясно, че и тази наука се подчинява на общата идея, позната от математиката. Ученикът обикновено трудно се ориентира в множеството закони на електричеството и магнетизма и не може да отдели измежду тях основните. Когато той прочете в учебника, че законите на Кулон или на Ампер били основни, той схваща думата "основен" като обикновен епитет, като синоним на "важен", без да вникне в смисъла му."

Всичко това показва, че в структурата на учебното съдържание по електродинамика е нарушено изискването за теоретична цялостност, което⁶² "се обуславя от единството на съвременната физична наука и от целостността на процеса на мислене."

И така, изборът на електродинамиката измежду всички раздели на курса по физика за структуриране на знанията по модела за физична теория, се обуславя главно от:

- значителното място, което този раздел заема в курса по физика;
- от големите възможности, които електродинамиката като наука предоставя в това отношение;
- от факта, че тези възможности до сега не са използвани пълноценно.

Както ще стане ясно от следващите раздели, знанията по електродинамика могат относително лесно да се формализират и вместят в една до голяма степен завършена логическа схема – адаптирания модел на физична теория.

⁶⁰ **Ефименко В.Ф., В.К.Батулин** *О взаимосвязи научных и обыденных представлений при формировании физических понятий*, Физика в школе, 1981, 6, с. 131.

⁶¹ **Попов Хр.** *По-тясната връзка в обучението по физика и математика - необходимо условие за повишаване ефективността на учебния процес*, докл. пред Националната конференция върху въпроси на обучението по физика, Хасково, 1980.

⁶² **Герашенко И. Г.** *Теоретическая целостность курса физики*, Физика в школе, 1993, 5, с. 24.