

Защо младите хора следват физика... и защо не го правят?*

Герхард Г. Паулус

Факултет по физика и астрономия, Институт по оптика и квантова електроника, Университет “Фридрих Шилер”, Йена;
Институт “Хелмхолц”, Йена, Германия

Превод: Александър Драйшу

Софийски Университет Св. Климент Охридски,
Физически факултет, София 1164, бул. Джеймс Баучър 5

Абстракт. Така нареченият емпиричен поврат в науката за образованието доведе дидактиката на физиката до това, че физиката и нейното преподаване вече не са в центъра на вниманието на изследванията. Този поврат доведе и до това, че значението на личността на обучаващия е изместена в периферията. Този проблем не обсъждах, но намерих за него, когато направих разликата между изкуството да обучаваш и науката да обучаваш. Двете доведоха до криза в дидактиката по физика. Тази криза бе значително задълбочена от незаинтересоваността на специалистите-изследователи, от *нашата* незаинтересованост, към обучението на учители. В резултат много ученици-абсолвенти избягват физиката, защото или те вече изобщо не учат какво е физиката, или защото забелязват, че училището не ги е подготвило достатъчно. Следващите поколения можем да въодушевим само с това, което нас е въодушевявало за физиката – с огромния обхват на мислите, с тяхното прецизно математично формулиране и с невероятно точната им проверка в експерименти.

Как се стигна до този доклад?

Основните мисли в доклада са от едно поздравително слово, което произнесох в Йена по повод присъждането на почетна професура на пенсиониран колега. В Германия имаме малка, но изисквана фондация на името на Вилхелм и Елзе Хереус, която по един достоен за подражание начин подкрепя обучението по физика в нашите университети. На фондацията не е убягнало, че в Германия дидактиката на физиката е в криза,

*Статията се основава на доклад, изнесен на 45-тата Национална конференция по въпросите на обучението по физика “Експериментът – основа на образованието по физика”, организиран от Съюза на физиците в България и Министерство на образованието и науката, София, 06.04.2017.

въпреки че хората от областта в преобладаващата си част виждат нещата различно. Дидактиката на физиката в Германия все повече и повече се отдалечава от предмета си, отдалечава се от физиката и дори вярва, че това е правилно. Физиката, още повече – модерната физика, не трябва да бъде в центъра на вниманието на дидактиката на физиката. Заиманията с физика в някои катедри по дидактика на физиката почти се счита за неморално.

Факултети, които искат да изберат на висока академична длъжност дидактик по физика, за когото преподаването на физика, особено на модерната физика и на нейните основи, е централен акцент – такива факултети изпитват големи трудности да намерят подходящи кандидати и още по-големи трудности да прокарат успешно тези кандидати през всички процедури. В Германия сдруженията на дидактиците по различните предмети наистина залагат цялото си влияние така да структурират правилата, изискванията и техните интерпретации, че по възможност само представители на науката “обучавай-учи” и на емпиричните изследвания в образованието да могат да се класират. Аз ръководих комисията по избирането на наследник на колегата, който получи споменатата почетна професура. Още по времето на процедурата във Факултета по физика и астрономия се намесиха сдружения на дидактиците по различни предмети, ръководството на Университета и Центъра за обучение на учители. Дори се опитаха да противопоставят студентите на Факултета.

Но ние, физиците-изследователи, не бива да се оплакваме твърде шумно от това развитие на нещата. Ние, физиците-изследователи, най-малкото носим част от отговорността за кризата в дидактиката на физиката и за кризата в обучението на учителите. В много, ако не във всички, физически факултети в Германия вниманието и грижите в най-добрия случай са насочени към студентите до трети курс и към бакалаврите. Това, че дидактиката на физиката в Германия се отдели от физиката, ние – физиците-изследователи, не само допуснахме, но дори стимулирахме. Това, че оказахме най-лошата мислима услуга на привличането на подрастващото поколение изследователи в различните направления, е очевидно. Толкова късогледа е университетската ни политика, втрещена в привличане на средства по проекти. Това съм го преживял и в САЩ и, опасявам се, при вас не е много по-добре.

Състоянието на дидактиката на физиката

Темата на доклада ми е, както разбрахте, това, което в Германия наричаме дидактика на физиката. Под дидактика на физиката разбираме уче-

нието за изкуството да се преподава физика. И тук вече започва несъгласието. Повечето колеги от педагогическите науки настояват, че не става дума за **изкуството** да се преподава, а за **науката** да се преподава. Добрият стил на обучение можел да се изучи също както латинския език, биологията и дори физиката. Да оставим за момент този въпрос открит.

Дидактиката на физиката е науката, как да предадем на следващото поколение познанията по физика. При това дидактиката на физиката включва по принцип както обучението в училищата, така и в университетите. Във всеки случай, от гледна точка на университета, училището е два пъти повече засегнато, защото дидактиката на физиката не се занимава само с обучението в самите училища, но и, в особена степен, с обучението на учители за училищата. В това отношение ситуацията в Германия не се отличава съществено от тази в другите страни, в които се създава наука. Вероятно просто се използват различни понятия. В англосаксонския свят думата “didactic” дори трябва да се ползва с предпазливост, защото там тя дори има негативния оттенък на “поучение” и дори на “назидание”. По-често се говори например за Physics Education Research. Това още съвсем не означава, че дидактиката на физиката и Physics Education Research са с едно и също съдържание. Че не са, се вижда дори само от това, че в немскоезичните и в някои източноевропейски страни обучението на учители е отделна обособена специалност. В Германия дори дипломирането е различно: докато следването по физика завършва с придобиване на бакалавърска и магистърска степен, следването в специалност за подготовка на учители най-често завършва с държавен изпит и собствена бакалавърска и магистърска степен. При това в много страни, за да се упражнява учителска професия в профилирани училища и гимназии се изисква магистърска степен по съответната дисциплина, например физика, а впоследствие се добавят и курсове за допълнителна квалификация с училищна специфика. Една обособена специалност за подготовка на учители създава, разбира се, структурни предпоставки за отделяне на обучението на учители от физиката. Обособяването на специалност за подготовка на учители налага в университета да съществува и съответният преподавателски капацитет, т.е. доценти и професори. И, съответно, в почти 60-те физически факултета в Германия има поне по една професура по дидактика на физиката. Професури! Професури, които са така структурирани, че не се занимават само с обучение, но също и с изследвания – с изследвания по дидактика на обучението по специалността. Вярвам, че няма друга страна, която да инвестира дори съпоставими средства в изследването на *изкуството* да се преподава физика, а пък, ако питате мен – и на *науката*, как да се преподава физика.

Тук може би си мислите, че физиката в Германия се преподава на едно съвсем друго ниво, по-добре и по-ефективно, отколкото на всяко друго място на света, и че литературата прелива от прозрения на немските изследвания по дидактика на физиката. За съжаление това не е така. В големите международни списания, посветени на обучението по физика, като *American Journal of Physics*, *Physics Teacher* или *European Journal of Physics* автори с немска професионална принадлежност имат публикационен дял определено по-малък от 5%. Немските дидактици по физика публикуват на национално ниво – като че ли в учението, как да предадеш познанията по физика би имало нещо специфично немско. А пък на мен, като на професор и като на баща на две деца, излезли вече от училищната възраст, не ми е известно прозрение от областта на изследванията на образованието и на обучението на учители, което да е повлияло решително позитивно на качеството на обучение през последните десетилетия.

Защо да следваме физика?

Да сменим перспективата и да се запитаме защо един млад човек се решава да следва физика. Още по-настоятелно трябва да си зададем следния въпрос: Защо един надарен и интересуваш се от физика човек не следва физика? Преди отговорът гласеше: “Защото майката изучавала обявите за работа и обърнала внимание на сина или на дъщеря си, че пак почти нямало публикувана обява за работа за физик”. Междувременно все повече се говори, може би и поради фигурата на защитилата дисертация по физика госпожа Ангела Меркел, че в случай на съмнение физиците и физичките могат да са полезни на всяко работно място и са толкова по-необходими, колкото по-интересно е работното място. И все пак въпросът, “защо един надарен и интересуваш се от физика човек не следва физика”, не само остава, но и става все по-актуален. На него ще се върна отново, а сега ще се заема с първия въпрос.

И така, да се запитаме защо един млад човек иска да следва физика. Не говоря за магистърски програми. Става дума за следването в бакалавърската степен, за първоначалното решение да станеш физик. Много силно ще се учудите: Разбира се, ние всяка година питаме това нашите студенти. Чисто емпирично и заради провокацията, ние ги питаме защо искат да следват физика в моя университет в Йена, люлката на оптиката. Бихме могли, разбира се, да попитаме и експертите в най-високопоставените научни комисии във Федералната република, чиято експертна оценка, по правило, се възприема от политиците. Сигурно вече забелязвате, че нямам намерение да атакувам политиците. Това,

което ме вълнува, отново е *нашата отговорност* – отговорността на водещите физици. Какво би отговорил ресорният за моя университет министър на основата на епизодичните си контакти с нас – физиците, на въпроса, защо един млад човек иска да следва физика в Йена? “Съвсем ясно, защото оптиката и фотониката тук са толкова силни и защото с дипломата за физик има блестящи изгледи за кариерата си.” Вероятно поне половината професори по физика в моя факултет и 100% от професорите в другите факултети вярват в това. В края на краищата – звучи логично. Но е грешно, напълно грешно.

Колкото и да не ми харесва, като на физик-експериментатор в областта на квантовата оптика, малцина са онези, които започват следване по физика при нас заради оптиката. И това не е нелогично: Младите студенти знаят малко за фантастичния изследователски ландшафт по оптика и фотоника в Йена. На тях им липсва общият поглед. Повечето от нашите първокурсници казват, че следват физика заради теоретичната физика или заради астрономията и че идват при нас, защото обучението във Факултета по физика и астрономия има толкова добра слава.

И така нашите студенти казват, че следват физика заради теоретичната физика или астрономията. Какво означава това? Означава, че физиката затова е привлекателна, защото поставя фундаментални въпроси за природата с техните дълбоки последствия. Става дума за невероятния въпрос за началото и за края на вселената и за фундаменталните закономерности. Младите хора са очаровани от теорията на гравитацията на Айнщайн и от физиката на частиците. Те искат да знаят повече за философските последствия на квантовата теория, както те могат (или биха могли) да се обсъждат в училищата на основата на парадокса на Айнщайн-Подолски-Розен. И те са убедени, че физиката ще намери отговори на въпросите, защото стои върху здравия фундамент на математиката.

Симбиотичната връзка между хуманитарната наука – математика, и майката на всички природни науки – физиката, това всъщност е очарователното, възбуждащото интереса. Това, че на основата на съвсем малко, но много прецизни изходни положения, защото са математично формулирани, може да бъде описан светът от суб-атомната скала до скалата на галактиките. Че това наистина е възможно, от векове е учудвало физици и философи толкова повече, колкото повече напредват прозренията във физиката. Младите хора следват физика, защото е интелектуално предизвикателство! И това е истинската настройка! И това, че нашите студенти мислят така, с това трябва да сме горди! Те са на по-високо интелектуално ниво, отколкото си мислим!

И докато следват, забелязват, че оптиката и физиката на твърдото тяло нито са посипани с прах, нито са скучни. Те виждат фантастичните възможности и привлекателния начин на задаване на въпросите в институтите по оптика и фотоника, чудесните неща, които могат да бъдат открити, изследвани и приложени. Повечето от тези, които са дошли при нас заради теорията или заради астрономията, се дипломират в областта на физиката на твърдото тяло или оптиката.

Видяхме, че младите хора се въодушевяват от физиката, защото тя е интелектуално предизвикателство. Какво правим в училищата и в университетите, за да въодушевим децата и младежите за физиката? Съкращаваме учебните планове! В Тюрингия – с една трета след края на комунизма. Въвеждаме предмети като Човек–Природа–Техника, уж за да поощрим интердисциплинарното обучение, в действителност – за да замаскираме недостига на учители по физика.

За “контекстно-ориентираното” съдържание

И не оставаме само със съкращаването на учебните планове. Правим физиката толкова скучна, колкото е възможно. В бъдеще физиката в училищата трябва да бъде “контекстно-ориентирана”, т.е. да се придържа към ежедневието на учениците. Един пример за контекстно ориентиране: В списание Физика беше анализирано, дали количката за пазаруване по-добре се качва на бордюра напред, като се натисне надолу дръжката, или като се тегли обратно и дръжката се повдигне нагоре. Такова ориентиране към нещата, с които учениците са запознати, трябвало да направи занятията интригуващи и трябвало да доведе до това, физиката да не продължи да бъде един от най-малко обичаните предмети.

Имате ли деца в средното училище или в гимназия? Попитайте ги веднъж, дали искат да дойдат с вас при съботното пазаруване! Точно толкова интересна те ще намерят споменатата задача, при това независимо от факта, че количката за пазаруване по правило се повдига отпред като дръжката се натисне надолу и с крак се побутне напред!

Мисля, че много силно подценяваме интелекта на нашите деца, ако мислим, че можем да ги въодушевим със задачи като скицираната погоре. Спомнете си какво отговарят нашите студенти на въпроса, защо следват физика. Не казвайте, че това е една специална и вече подбрана група. Повечето от нас не са дошли във физиката заради характера си, или заради дарбите си, или заради някакви други качества на личностите ни, а заради срещата например с един учител, т.е. заради събитие, което би могло да се случи и с много други.

Не, с физиката на количката за пазаруване няма да имаме успех. И няма да имаме успех с учениците, ако в училище им преподаваме само физиката на 19-ти век. Много по-вероятно е да го постигнем с Общата теория на относителността! Ние имаме няколко, не много, дидактици по физика, които толкова добре са разбрали съвременната физика, че са разбрали как да я сведат до нейните основополагащи идеи и, вярвате, или не, могат да я преподават в средните училища. Концепциите на Общата теория на относителността и на квантовата теория в средното училище! Ако сте успели да въодушевите учениците с една такава тема, те ще проявят търпение към вас, когато експериментирате с пружинна везна или, още по-добре, когато те трябва да експериментират с нея.

Математика: толкова много, колкото е необходимо, толкова малко, колкото е възможно

Вярно е, че изучаването на физиката е едно много особено предизвикателство. То се дължи преди всичко на факта, че физиката се опира до толкова безусловно на математиката, че без нея дори е немислима. Класическата химия, например, се справя с един относително прост математичен инструментариум и студентът може основно да се съсредоточи върху химията. Стига се до набор от евристични правила и до куп изключения от тях... Във физиката – напротив, освен процесите в природата, трябва да се изучат и най-мощните математични методи, понякога дори да се открият нови. И не стига това, а трябва да се научим да описваме Природата на езика на математиката. Срещал съм се с математици, които имат трудности да приложат несъмнено големите си математични способности за описание на природата.

Описание на природата чрез математиката – един от двата жалона на физиката. Какво казва Немското физично дружество за това в едно изследване на обучението на учители? *Математика: Толкова много, колкото е необходимо, толкова малко, колкото е възможно.* Просто не е за вярване! Разбира се дидактици по физика са били тези, които са прокарали тази теза. А физиците-изследователи са допуснали тезата да бъде прокарана. Един от съавторите наскоро все пак призна пред мен, че съжалява за подписа си под това изследване.

Математика: Толкова много, колкото е необходимо, толкова малко, колкото е възможно. Говоря от собствен опит: Като ученик никога не ми е харесвало, когато по химия трябваше да уча неща, за които имах впечатлението, че просто ми липсва математиката, за да ги пресметна. Ако сега започнем да жертваме уникалността на физиката на олтара на съвременната дидактика, няма защо да се учудваме, че в края на курса на

обучението си учениците вече въобще не знаят какво всъщност е физиката. И още нещо: Учениците съвсем точно забелязват, когато нещо се завоалира. Те си правят изводите, когато темата се прекъсва, щом стане прекалено математична. Заедно с ерозията на обучението по математика се стига до ситуацията, че *един надарен и всъщност заинтересован от физиката човек* все пак не следва физика, защото той или тя не вярва, че е дорасъл до нивото на изискванията. С тези випускници на училищата ние дори не се запознаваме. А те не са никак малко!

Изходът от кризата

Как да излезем от кризата? Да предаваме въодушевлението си от физиката! Не отбранително да анализираме трудността на предмета, а да представяме физиката като интелектуално приключение. От оптиката на слънчевата дъга и от наблюдението на звездите през термодинамиката на енергоснабдяването до квантовата механика и свързаните с нея философски въпроси – намират се достатъчно допирни точки до хоризонта на опита на ученика, а контекста нека да кажат дидактиците. Но, моля, без конструирани контексти!

Математиката

Учениците трябва да се научат да ценят чудото, че природата може да се опише чрез математиката. Толкова математика, колкото е възможно! Мъдро е учебните планове по математика и по физика да се синхронизират помежду си. Така за занятието по физика ще имаме инструмент, а за занятието по математика – пример за приложение.

Какво ни е необходимо за това?

Имаме нужда от повече природо-математични занятия, съгласуване на учебните планове с тези по математика, съгласуване на учебните планове в цяла Германия, диалог за изкуството да се преподава физика в Европа и стратегия, как да обсъждаме още с учениците най-интригуващите въпроси на нашата наука.

Имаме нужда от учители, които да пренасят въодушевлението от интелектуалното приключение физика. Уважението към учителската професия трябва значително да бъде повишено, за да може най-добрите да се заинтересуват от нея. Трябва да започнем да представяме на обществеността положителните страни на учителската професия, а проблемните – да търсим начин да регулираме с политиците.

В университетите ние трябва да разберем, че учителите са нашите най-важни випускници. В моя факултет имаме Сдружение на випускниците, което на обществени начала прави великолепни неща за факултета. Като декан, по силата на длъжността ми, бях член на Управителния съвет на сдружението. На едно заседание попитах присъстващите, какво правим, за да привлечем нашите абсолвенти-учители за членове на Сдружението на випускниците. Те бяха забравени.

Герхард Георг Паулус е роден през 1966 г. в Нойщадт ан дер Айш, Германия. През 1992 г. се дипломира в Университет Лудвиг Максимилиан (Мюнхен) като физик. В периода 1992–1995 г., като докторант, провежда изследванията си в Университета Лудвиг Максимилиан (Мюнхен) и в Макс Планк Института по квантова оптика (Гархинг, Мюнхен). Докторската си дисертация защитава през 1995 г., а през 2002 г. се хабилитира. От 2003 до 2007 г. е доцент в A&M University (Тексас, САЩ). От 2007 г. е редовен професор в Университета Фридрих Шилер (Йена, Германия). В същия университет той е ръководител на катедрата Експериментална физика – Нелинейна оптика. Бил е директор на Института по оптика и квантова електроника (2008–2013 г.), член а Сената на университета (2010–2013 г.), а от април 2013 г. е декан на Факултета по физика и астрономия. Съосновател е и член на Съвета на директорите на Хелмхолц-Институт Йена. Автор е на 175 научни публикации, сред които тези, отнасящи се до т.нар. “плато” при надпраговата йонизация и до абсолютната фаза на светлинните вълни, са с особено силен резонанс в професионалните среди.

Рецензент е на редица научни списания, сред които Nature, Science, Physical Review Letters и Optics Letters.

Член е на Международния комитет по аттосекундна физика AT-TO, на Научния и технически надзорен комитет на Центъра по импулсни лазери (Саламанка, Испания), на Научния комитет на Инфраструктурата “Екстремна светлина” (Аттосекунден импулсен лазерен източник ELI-ALPS, Унгария), също на Научните комитети на лазерните инфраструктури IZEST-APOLLON (Сакле, Франция) и LULI (Сакле, Франция). Автор е на 4 немски и на един американски патент.