

# НЯКОИ ПРОБЛЕМИ ПРИ ОБУЧЕНИЕТО ПО АТОМНА И ЯДРЕНА ФИЗИКА

Галина Крумова\*, Теменужка Фулър\*\*

\* Department of Physics  
FEEEA, University of Rouse  
8, Studentska street  
7017 Rouse, BULGARIA  
[gal@ru.acad.bg](mailto:gal@ru.acad.bg)

\*\* Central Arizona College, SPC  
Cooperative Learning Center  
8470 North Overfield Road  
Coolidge, Arizona, USA  
[temenoujka\\_fuller@centralaz.edu](mailto:temenoujka_fuller@centralaz.edu)

**Резюме.** В тази работа са изложени някои специфични проблеми, възникващи в процеса на обучение по Атомна и ядрена физика както в специализираните университетски курсове, така и в курсовете по Обща физика и Обща химия и се предлага преход от лекционен към студентски центрирано обучение.

**Key words:** Atomic and Nuclear Physics Education, Chemistry Education, Online Education, Physics Education

## УВОД

Добре известен факт е, че физичните обекти от микросвета са недостъпни за обикновените човешки сетива. Статистичният характер на описващите ги физични величини и сложният математичен апарат на Квантовата механика предполагат силно развито абстрактно мислене у студентите и изискват влагането на значителни интелектуални усилия в хода на учебния процес. Тази работа предлага един възможен вариант за преход от лекционен към студентски центрирано обучение, при което студентите се ‘учат да учат’, вместо пасивно да присъстват по време на учебния процес.

Преподавателят има три основни функции [9]:

1. Той е мениджър на класната стая.
2. Подхожда индивидуално към студентите и техните учебни

трудности.

3. Той е щедър експерт, който споделя своя опит и знание тогава и само тогава, когато студентът има нужда от това.

Теоретичната постановка на този модел на преподаване е изложена в първата работа на същите автори, представена на тази сесия. Някои резултати, получени по метода **data mining**, потвърдиха недвусмислено, че не може да има унифициран метод на преподаване, който да работи ефективно за всички студенти едновременно. Един от методите за идентифициране на индивидуалните нужди е **online** тестването на студента по време на учебния процес. Преподавателят разработва тестове върху неусвоения учебен материал. Студентите работят **online** с отворен учебник и имат за задача да сърфират в INTERNET – пространството по време на теста, могат да потърсят асистирание и техните отговори се оценяват в момента. Ако студентът не харесва резултата, той има право да повтори теста, колкото пъти пожелае, като се запазва само последната оценка. При това се инвестира учебно време, а крайният резултат от теста влияе върху годишната или семестриалната оценка. По този начин студентът е мотивиран да учи.

В приложената в предишната работа част от теста по Атомна и ядрена физика са използвани всички варианти за обективен тест, предложени от софтуера **Blackboard**. В настоящата работа разглеждаме някои възможности за създаване на подобни тестове за цялостния курс по Атомна и ядрена физика в РУ – Филиал Силистра. Освен това обобщаваме студентски центрирания метод [4] с конкретни предложения за самообучение и взаимно обучение на студентите чрез Power Point презентации. Предлагаме примерен списък на INTERNET – сайтове.

## МЕТОДИКА НА САМООБУЧЕНИЕ ЧРЕЗ POWER POINT

При студентски центрираното обучение преподавателят е повече мениджър (оценител) [9], докато от студентите се очаква да бъдат активната страна и инициаторите на учебния процес. Някои от учебните предизвикателства в Атомната и ядрена физика, описани по-нататък, могат да се използват последователно като списък от теми, от които всеки студент си избира една и изучава задълбочено само нея. Работи се за кратко време и е необходимо преподавателят да посочи начален набор INTERNET – източници за всяка тема, за да се спести учебно време на студента и за да не бъде той безпомощен в началния момент. Източниците, които предлага преподавателят, не са задължителни. Изборът зависи от личните предпочитания и светоусещането, както и от амбициите на студента. Студентите работят над своите теми, за да ги представят пред групата на екран с мултимедиен комплект. Всеки студент разполага с едно и също време за презентация и отговор на евентуални въпроси. Преподавателят обобщава, допълва и посочва кои части от работата могат да бъдат включени при подготовката за изпита.

Предложените в тази работа концепции са насочени към студенти от горен курс по педагогически специалности като Физика и информатика и Химия и информатика. Студентите имат общ интерес към дисциплината като част от бъдещата им преподавателска дейност и самообучението чрез презентации ще намери директно приложение както за мотивация в настоящия курс, така и за тяхното усъвършенстване като бъдещи учители. Този метод се използва широко в часовете по биология в Central Arizona College в USA и има значителен успех.

## ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВОТА НА АТОМНАТА ФИЗИКА

Известно е, че в микросвета са използват извънсistemни мерни единици за разстояние, работа и енергия, маса и импулс –  $\text{\AA}$ , **fm**, **eV (MeV, GeV)**, **MeV/c<sup>2</sup>**, **MeV/c (GeV/c)**. Ако се разгледат подходящи примери, тези мерни единици няма да изглеждат толкова абстрактни. Трудно се асимилира и фактът, че в естествената система (при  $c=\hbar=1$ ) мерните единици на всички физични величини представляват степени на единицата за дължина. Трябва да се вникне в конвенционалния характер на измерителните системи и да се изтъкнат съображенията (обикновено целящи удобство) за въвеждането и използването на една или друга мерна единица. Също така е добре да се обърне внимание, че електричният заряд на електрона условно е наречен отрицателен и че съществуването на античастиците следва от свойствата на симетрия на физичните закони [3, 2, 1].

Полезно е да се коментира фактът, че при големите скорости на обектите в микросвета (например от порядъка на  $2/3$  от скоростта на светлината във вакуум  $c$ ) **масите** им съществено нарастват спрямо тези **в покой (rest+mass [8])**.

Интересна е хронологията на създаването на **атомните модели (atomic+models [7])**, техните предимства и недостатъци, довели в края на краищата до модела на Ръдърфорд. Последният обаче не може да обясни защо атомите са устойчиви системи и електроните не падат върху ядрото, както би следвало от законите на класическата електродинамика. Обикновено този факт е шокиращ за всяка аудитория и изисква по-обстоятелствен коментар.

Трудно се вмести в рамките на класическите представи дискретността на атомните състояния (**atomic states discreteness**) и характерът на атомните спектри (**atomic spectra**) – освен че са дискретни, линиите им не са еквилидистантни, т. е. те не се състоят от кратни на една основна честота линии. За осмислянето на тези особености би помогнало разглеждането на подходящи примери – една възможност е да се зададат дължините на вълните на първите три видими линии в спектъра на водородния атом и да се пресметнат съответните честоти  $\nu = c/\lambda$ .

Полукласическата – полуквантова **теория на Бор (Bohr theory)** за водородния атом с нейните постулати и произтичащото от тях **квантуване**

(**quantization**) на основните физични величини като радиус на орбитата и енергия на електрона също би следвало да се илюстрира с подходящо подбрани примери. Специално внимание заслужава отрицателният знак на **енергията на свързаното състояние (bound state energy [6])** на електрона.

Корпускулярно – вълновата природа на светлината и основните характеристики на **фотона (photon)** – особено нулевата маса в покой – също така създават проблеми. Както е известно, явленията, намерили обяснение в рамките на вълновата теория, са интерференция, дифракция и поляризация, а при явления като **топлинно излъчване (heat emission)**, **фотоелектричен ефект (photoelectric effect)** и **ефект на Комптън (Compton effect)** светлината се държи като поток от частици – фотони. Нещо повече – да се подчертае, че тази **двойственост (wave-particle duality)** е присъща на всички микрочастици и освен физичен, представлява и философски проблем. Трудно е да си представим фотона като обект с такива свойства, който отгоре на всичко не можем да наблюдаваме директно. В тази връзка си заслужава да се обърне особено внимание на **дължината на вълната на де Бройл (de Broglie wavelength, matter wave)** и на зависимостта и от масата на частицата, както и на експерименталните потвърждения на наличието на типично вълнови явления при потоците от елементарни частици, сложили началото на електронно-, неутронографията и др.

При разглеждане на законите на топлинното излъчване трудно се възприемат величини като **емисионна (emissivity)** и **абсорбционна (absorptance)**, съответно **спектрална (spectral)** и **интегрална (total) способности**, които трябва добре да се изяснят. Интересен е фактът, че голям процент от студентите се затрудняват да отговорят на въпроса от какво се определя цветът на телата дори на изпита. За някои от тях понятието **абсолютно черно тяло (black body)** остава твърде неопределено. Същото се отнася и за известния проблем, носещ името **ултравиолетова катастрофа (ultraviolet catastrophe)**, въпреки че коментирането и, както и това на евентуалната **топлинна смърт на Вселената (thermal death of the Universe)** винаги ангажират вниманието на аудиторията по време на лекции.

Атомната и ядрена физика дават една добра възможност да се покаже ролята на законите за запазване на физичните величини **енергия, импулс, момент на импулса, електричен заряд** – например при разглеждане на външния фотоефект, ефекта на Комптън, при извода на формулата на Ръдърфорд (**Rutherford formula**). За съжаление голям брой студенти считат, че **червената граница на фотоефекта (threshold frequency)** винаги е в червения край на спектъра. Особено полезни в този случай са съдържащите се в литературата таблици с отделителната работа и червената граница за различните метали.

Интересна е реакцията на студентската аудитория при интерпретацията на **спина (spin)** на електрона като вътрешна степен на свобода, присъща и на останалите микрочастици и произтичаща от релативистичното вълново

уравнение на Дирак, която не трябва да се свързва с въртене около собствената ос. Струва си да се коментират в тази връзка вътрешната степен на свобода **цвет** (**color**) на **кварките** (**quarks**), носещи невъобразими имена като **s-странен** (**strange**), **c-очарован** (**charmed**), **b-красив** (**beauty**), **t-истински** (**true**), **u-горен** (**up**) и **d-долен** (**down**) кварк. В сравнение с това бледнее дори дробният им по отношение на  $e$  електричен заряд. На този фон валидната и за трите **момента на импулса** – **орбитален** (**orbital**), **спинов** (**spin**) и **пълен** (**total angular momentum**) – връзка със съответното квантово число (например  $|\vec{j}| = \sqrt{j(j+1)}\hbar$ ) в комбинация с подходящи примери не изглежда толкова чужда и дори прецесията на  $\vec{l}$  и  $\vec{s}$  около  $\vec{j}$  като че ли е нещо естествено. И за да не се възприема всичко това като една абстрактна и никому ненужна теория, е важно да се опишат експериментите, потвърждаващи **дискретната ориентация** (**space quantization**) на механичните и **магнитните моменти** (**magnetic moments**).

Не винаги се възпроизвеждат правилно границите на изменение на **квантовите числа** (**quantum numbers**), характеризиращи състоянието на електрона. **Периодичната система** (**periodic table**) на химичните елементи дава добра възможност за самоконтрол и самооценка на знанията чрез решаване на конкретни задачи по запълване на **електронните слоеве и подслоеви** (**electron shells&subshells**). Интересна тема за размисъл дава **принципът на Паули** (**Pauli's exclusion principle**). Една подходяща форма на изпитване е тестовият контрол.

Особено полезна се оказва темата за **рентгеновите лъчи и спектри** (**X-rays and spectra**). Освен обстойното разглеждане на приложенията им в най-различни области, силно позитивен ефект има коментарът на прогностичния характер на **закона на Мозли** (**Moseley's law**) за честотата на **характеристичното рентгеново лъчение** (**characteristic X-ray**) в зависимост от атомния номер  $Z$ , благодарение на който е предсказано съществуването на повече от 90 химични елемента.

## **ЯДРЕНИТЕ СИСТЕМИ – АРЕНА НА НЕДОИЗЯСНЕНОТО СИЛНО ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ**

Въпреки че лекциите по Ядрена физика следват във времето тези по Атомна физика, те също поставят редица интересни въпроси пред преподаватели и студенти. Още в самото начало трябва да се направи разлика между названията на обектите **неутрон** (**neutron**), **неутрино** (**neutrino**) и **нуклон** (**nucleon**), които често изненадващо се заменят едно с друго.

Силно впечатление на аудиторията прави споменаването на огромната **ядрена плътност** (**nuclear density**) и липсата на център и резки граници на ядрата, което като че ли противоречи на класическата представа за сърцевина. Изненадващ се оказва и фактът, че подобно на електроните в обвивката, нуклоните също имат квантовомеханични моменти, които се сумират векторно

по същите на пръв поглед странни правила. Объркващо е наличието на допълнителна степен на свобода – **изоспин (isospin)**, благодарение на която електрически неутрална и положително заредена частици, каквито са **неутронът и протонът (proton)**, могат да се третират като състояния на една и съща частица (нуклон) с различни проекции на изоспина. Това показва още веднъж, че ядрените сили са съвсем различни от електричните.

Трудно се вниква в същността на **дефекта на масата (mass defect)** и **енергията на свързване (binding energy)**, които могат да бъдат добре изяснени с оглед на възможността за протичане на ядрени и термоядрени реакции (**fission&fusion**).

**Ядреното взаимодействие (nuclear interaction)** е много интензивно и различно от останалите познати взаимодействия в природата. Смущаващи за аудиторията са **зарядовата независимост (charge independence)**, **нецентралният (noncentral)** и **обменен (exchange)** характер на **ядрените сили (nuclear forces)**. Виртуалната същност на  **$\pi$ -мезоните (pi-meson)** трудно се възприема. Не е излишно кратко проследяване на историческите факти, съпътствали теоретичното предсказване на квантите на ядреното поле от Юкава и регистрирането им в космичните лъчи от Окиалини и Пауел дванадесет години по-късно. Това е и подходяща илюстрация на силата на теорията в съвременната физика.

Безспорно липсата на точен аналитичен израз за вида на ядрените сили прави много силно впечатление на студентите, очакващи вероятно някаква модификация на законите на Нютон и Кулон за гравитационната и електростатичната сили. Моделното описание на ядрената система с набор параметри, чиито стойности се уточняват чрез сравнение с експеримента, е един алтернативен подход. Без да се вниква детайлно във всеки един от **ядрените модели (nuclear models)**, трябва да се коментира тяхната класификация и да се подчертае, че даден модел обяснява само някои свойства на ядрата.

**Радиоактивността (radioactivity)** е тема, която се посреща с особен интерес. Законът за **радиоактивното разпадане (decay of nuclei)** има вид, познат от законите за поглъщане на светлината и рентгеновите лъчи. На този фон **периодът на полуразпадане  $T_{1/2}$  (decay period)**, **средното време на живот  $\tau$  (mean life time)** и връзката им с константата на разпадане  **$\lambda$  (decay constant)** като че ли се възприемат съвсем естествено.

Видовете разпадане -  **$\alpha$ - и  $\beta$ - (alpha&beta decay)** дават една добра възможност да се затвърдят знанията не само по атомна и ядрена физика, но и по химия. Особено впечатление прави коментарът на **тунелния ефект (tunneling)** при  **$\alpha$ - разпадането** като явление, чуждо на класическата физика, но възможно в микросвета.  **$\beta$ - разпадането** е една добра илюстрация на значението на закона за запазване на енергията – привидното му нарушаване води до предсказването на неутрино. По-трудно се възприема идеята за превръщането на неутрона в протон и обратно, с което се обясняват  **$\beta^-$ - и  $\beta^+$ - разпадането**.

Като че ли най-впечатляващи по отношение на законите за запазване на импулса, енергията и електричния заряд (**conservation of linear momentum, energy & electric charge**) са  $\gamma$ -лъчението на ядрото (**gamma radiation**) и възможността за раждане на двойка електрон – позитрон (**electron-positron pair**), както и обратният процес – тяхната **анихилация (annihilation)**.

Темата за **ядрените реакции (nuclear reactions)** като проява на силното взаимодействие предоставя една интересна възможност да се коментира смисълът на понятието **канал на реакцията (reaction channels)**. Освен добре познатите закони за запазване, тук са валидни и други такива – на броя нуклони, на **четността (parity conservation)** и **изотопичния спин (isospin conservation)**. Полезно е освен общият вид, да се разгледат и конкретни примери за различните типове ядрени реакции. Този раздел дава големи възможности за тестово изпитване. С интерес се посреща (**n, p**) - реакцията, при която атмосферният азот се превръща в  $\beta^-$ -активен въглерод с много голям период на полуразпадане, дала основа на **радиоуглеродния анализ (radiocarbon analysis)** и възможността за датировка на археологични находки.

Специално внимание може да се отдели на темата за деленето на ядрата (**nuclear fission**), която не случайно е подробно разгледана във всички учебници.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В тази работа е посочена една възможност за самообучение на студентите от педагогическите специалности Физика и информатика и Химия и информатика на РУ – Филиал Силистра, която има следните предимства пред традиционното лекционно (континентално) обучение [5]:

- Преминаване към студентски центрирано обучение
- Акцентуване върху мениджърската роля на преподавателя
- Индивидуално обучение
- Използване максималния капацитет на всички студенти
- Обучение как да се учи Атомна и ядрена физика, вместо пасивно да се присъства в час по време на лекции
- Изграждане навици за активно обучение, при което студентът демонстрира своята индивидуалност, учебна ориентация и стил
- Всеки студент динамично се самоусъвършенства чрез демонстриране на собствени учебни продукти (артефакти)

Тази работа е част от проект, в който се акцентува върху студентски центрирано обучение по Атомна и ядрена физика. Посоченият списък от концепции може да се използва при изготвянето на обективни тестове **online**. Те биха предоставили автоматична статистика на преподавателя за индивидуалните резултати на студентите (Blackboard platform [10]). Списъкът

може да бъде модифициран, например като се елиминират онези концепции, които не представляват проблем за дадена група студенти.

С предстоящото влизане на България в Европейския съюз, след като вече е страна от Атлантическия, изучаването на английски език се превръща в необходимост. Неизбежно е и прерастването на изискването за начална компютърна грамотност в такова, предполагащо умения за решаване на конкретни практически задачи с помощта на компютър (например в <http://cnets.iste.org/>). Описаната по-горе методика предполага общите усилия на преподавателите по физика, информатика и английски език. Обучението на двадесет и първи век неизбежно става интердисциплинарно.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] A Dictionary of Atomic Units. Available online, August 11, 2004: <http://www.unc.edu/~rowlett/units/dictA.html>
- [2] Atomic Encyclopedia. Available online, August 11, 2004: <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Atomic%20units>
- [3] Atomic Units. Available online, August 11, 2004: <http://cat.middlebury.edu/~chem/chemistry/class/physical/quantum/help/atomic/atomic.html>
- [4] Joyce, Bruce, Weil, Marsha with Calhoun, Emily (Foreword by James M. Wolf). *Models of Teaching (6th edition)*. Allyn and Bacon, Boston, Toronto, Sydney, Tokyo, Singapore, 2000, pp. 285-301.
- [5] Leach, John and Scott, Phil. Designing and Evaluating Science Teaching Sequences: An Approach Drawing upon the Concept of Learning Demand and Social Constructivist Perspective on Learning. *Studies in Science Education*, 38 , 2002, pp.115-142.
- [6] Physical Sciences Resource Center. Available online, August 11, 2004: <http://www.compadre.org/psrc/search/search.cfm?gs=231&ss=319&b=1>
- [7] Physics Lab Online. Atomic Models. Available online, August 11, 2004: <http://online.cctt.org/physicslab/content/Phy1/lessonnotes/atomic/atomicmodelsandspectra.asp>
- [8] Physics' Link. What is rest mass? How to explain it especially to the high school ...Available online, August 11, 2004: <http://www.physlink.com/Education/AskExperts/ae161.cfm>
- [9] Seifert, Kelvin L. *Constructing a Psychology of Teaching and Learning*. Houghton Mifflin Company, Boston, New York, 1999, pp. 137-155.
- [10] The Blackboard platform: <http://www.ppc.edu/its/blackboard.shtml>