

## Формиране на изследователски умения на учениците при изучаване на физика на елементарните частици

**Желязка Райкова, Костадина Кацарова**

ПУ “Паисий Хилендарски“, Физико-технологичен факултет

В процеса на изучаването на физика в училищния курс, общообразователна подготовка, в един от неговите последни раздели учениците се запознават с много елементарни частици: фотон, електрон, протон, неутрон, неутрино и др. Образователното и възпитателното значение на темите от този раздел се определя не само от тяхната актуалност, която придава съвременния характер на учебното съдържание, но и от значението на тези знания за модерния технологичен свят.

Трудно можем да си представим ползата от изучаването на топ-кварките или Хигс бозона за обикновения човек, но ако погледнем позадълбочено, ние ще отбележим, че изучаването на елементарните частици е довело до откриването на нови изследователски методи, нови прибори и нови идеи. Достатъчно е да се спомене откриването на интернет протокола от д-р Тим Ли, адронната терапия на ракови заболявания, имплантацията на йони в полупроводниците при производството на микросхеми. Физиката на елементарните частици (ФЕЧ) е ключ към бъдещето на човечеството в 21-ви в., тя поставя нова основа за развитие на научно-информационния прогрес. Идеите, родени от изследователските резултати, са важен компонент на съвременния научен светоглед. Значението на познаването на света на елементарните частици е изразено от Ричард Файман – “разумът е резултат на великото обединение на елементарните частици, а следователно той се явява част от информационното поле на Вселената” [1].

Дали ФЕЧ ще реши проблемите на човечеството през 21-ви в., физиките не се съмняват. През този век с развитието на ускорителната техника изследванията на ФЕЧ планомерно са ориентирани към практиката и препълват физиката с огромно количество експериментални данни, чиято обработка изисква много време. Нуждата от подготвени специалисти, които да анализират тези данни и да участват в развитието на науката е всепризнато голяма [1].

Това поставя предизвикателство към методиката на обучението по физика, защото трябва да се потърсят нови пътища за изучаване на ФЕЧ

в училище. Трябва да се подготвят мотивирани ученици, които да се докоснат до света на учените, за да могат да направят мотивиран избор на професионална реализация в науката физика. Необходимо е да се развие методиката на обучение на физиката на елементарните частици, като се обогати със съвременни методи и форми на обучение, като е насочена към постигане на следните цели:

- обогатяване на знанията на учениците с най-съвременните постижения на физиката;
- формиране на съвременен научен светоглед като компонент на научната грамотност;
- формиране на представи за съвременните методи на експерименталната физика: привличането на вниманието на учениците към обработката на данни, получени от детекторите (разработка и участие в проекта “Единна информационна мрежа GRID”, обяснение защо са необходими дългосрочни инвестиции в експерименти на Големия Адронен Колайдер и др.);
- развитие у учениците на умения да осъществяват изследователска дейност;
- начална подготовка и мотивиране на избор за професионална реализация, свързана с научна дейност.

При изучаването на темите за елементарните частици акцентът не е във формирането на експерименталните умения, а в изграждане на разбирането за важността на теоретичните методи на изследване, един от които е моделирането. Във ФЕЧ този метод е основен, тъй като с помощта на моделирането на процесите, ставащи в микросвета, може да се построи реална картина на поведението на частиците в пространството и тя да се екстраполира на макро ниво, разглеждайки по нов начин физичните явления в природата.

Методическият анализ на учебното съдържание на ФЕЧ не е цел на настоящата статия. Целта ни да разгледаме онези методически особености в изучаването на ФЕЧ, които имат отношение към формулирането на изследователски умения у учениците. За да бъде полезна статията за учителите в средните училища и да бъдем по-убедителни в тезите си, предлагаме два примера, съпроводени с методически препоръки.

Макар и с добри традиции в родната методика, през последните години изследователският метод (Inquiry Education) предизвиква засилен интерес от страна на методисти и педагози [2].

Изследователският метод е активен метод за учене и преподаване, който поставя учениците в центъра на учебния процес, и предполага самостоятелен избор на посока на учене [3]. При него на учениците се пос-

тавя познавателна задача, която те решават самостоятелно, като подбират необходимите методи, похвати и средства. При него по най-пряк начин се разбират и овладяват методите на научното познание, натрупва се изследователски опит и се развиват творческите способности на учениците.

Изследването на възможностите за формиране на изследователски умения изисква първо да се направи анализ на дидактическите особености на темата за елементарни частици. Тук ще обърнем внимание само на някои трудности при изучаване на темите за елементарните частици, които са резултат от дългогодишен опит на преподаване и проучване от авторите [3].

Изучаването на ФЕЧ в 10. клас според учебната програма по физика и астрономия за X клас (общообразователна подготовка, в сила от 2019 г.) е свързано с известни трудности като:

- необходимост да се усвоят много нови понятия, свързани с разнообразието от елементарни частици;
- невъзможност да се онагледят явленията и закономерностите чрез физични демонстрации;
- необходимост от добре формирани предварителни знания и умения за тяхното прилагане, които да са опорни (електричен заряд, маса, скорост, сила, с която магнитно поле действа върху движещ се заряд, кинетична енергия, закон за запазване на енергията, закон за запазване на електричния заряд и др.);
- трудност при конкретно посочване на практическото приложение на знанията поради техния фундаменталният характер;
- трудност да се организират и проведат практически занятия в училищни условия предвид характера на това учебно съдържание. (Възможно е включването на учениците в дейности, организирани от ЦЕРН със съдействието на български учени по програми за обучение на ученици под формата на майсторски класове. Тази организация изисква дългосрочно предварително планиране, което не винаги е възможно да се осъществи).

Организирането на учениково изследване при изучаване на учебното съдържание по ФЕЧ е подчинено на следните по характер задачи:

**Съдържателни:**

- да формира и разшири знанията на учениците за характеристиките и свойствата на елементарните частици;
- чрез самостоятелна работа и организация за решаване на проблем да доведе до осмисляне на знанията;

- да запознае учениците с различни експериментални методи, които се използват за откриване и изследване на елементарните частици;
- да формира практически умения за прилагане на знания за елементарните частици като по този начин задълбочи разбирането им.

**Развиващи:**

- да подобри възможностите на учениците за критичен подбор на информация, за систематизация и за представяне на информацията;
- да формира умение за наблюдение и за прилагане на изучени закономерности.

**Възпитателни:**

- да мотивира учениците за учене и стимулира интереса им към съвременните научни методи и проблеми;
- да формира научен светоглед за състава и структурата на материята.

Ние предлагаме организирането на учениковото изследване да стане под формата на решаване на две задачи. Съобразяваме се с изискванията, на които трябва да отговаря дадена тема от учебното съдържание, за да бъде подходяща за прилагане на изследователски подход, а именно [4]:

- Да е свързана със задължителното учебното съдържание в училище. Избраната от нас тема е насочена към области на компетентност “Електромагнетизъм”, “От атома до космоса” и “Наблюдение, експеримент и изследване” и към конкретния очакван резултат “Изброява елементарните частици (лептони и кварки) и фундаменталните взаимодействия и дава примери за частици, изградени от кварки” [5].
- Да е подходяща за реализиране на изследователския метод, като дава възможност да се следва пътят на научното познание. Да се осигури симулативна среда за обучение и среща на учениците с учени в лаборатории и университети и с реални продукти от физични експерименти.
- Да е ориентирана към обществено значим проблем – темата да провокира учениците да осъзнаят обществената ролята на научното знание за просперитета на човечеството. При поставяне на избраните от нас задачи, свързани с ФЕЧ, се изтъква фундаменталното значение на тези знания и ролята им за изграждане на научен светоглед.

В статия споделяме нашия опит по решаване на две изследователски задачи.

### Пример 1.

Използват се фотографии от мехурчести камери, направени в реални физични експерименти и поставени в Интернет.

На учениците се поставя *задача* да участват в изследване като екип от учени, които трябва да определят какви частици се наблюдават при взаимодействие, отчетено от експеримент с мехурчеста камера. Учениците сами формулират своите изследователски въпроси, структурират и следват предложената им процедура, след което съобщават своите заключения и резултати.

Водещата идея в темата за елементарните частици е свързана с фундаменталните закони за запазване във физиката – закон за запазване на енергията, закон за запазване на заряда, закон за запазване на импулса.

В зависимост от конкретните учебни условия е подходящо използване на една или две фотографии, за да стимулира усещането за “реалност” и учениците да са напълно наясно какво трябва да правят, след като се запознаят с фотографиите. Снимките са автентични и могат да се “свалят” от подходящи интернет адреси. В конкретния случай сме използвали следния сайт: <http://epweb2.ph.bham.ac.uk/user/watkins/seeweb/Bubble.htm#harder206>

На учениците се предлага възможност да участват в ролеви модели като учени – теоретици и експериментатори. Те получават подробни указания за дейностите по теми, посочени в инструкцията за работата на учениците, които са препоръчителни по време на занятията и извън тях. Започва се с актуализация на знанията, необходими за решаване на поставените задачи. Добре е да се включат и въпроси, свързани с мехурчестата камера, като един от първите уреди за изследване на елементарни частици. Такива въпроси могат да бъдат: Какво представляват мехурчестите камери? За какво се използват? Какво представляват фотографиите на процесите в тези камери?

За решаването на задачата се изискват допълнителни знания, свързани с величината импулс и със закона за запазване на импулса. Наше мнение е, че учебната програма по физика и астрономия за общообразователна подготовка би могла да бъде обогатена с изучаване на посочените допълнителни знания. Преговарят се също и знанията по математика за събиране на вектори в различни направления.

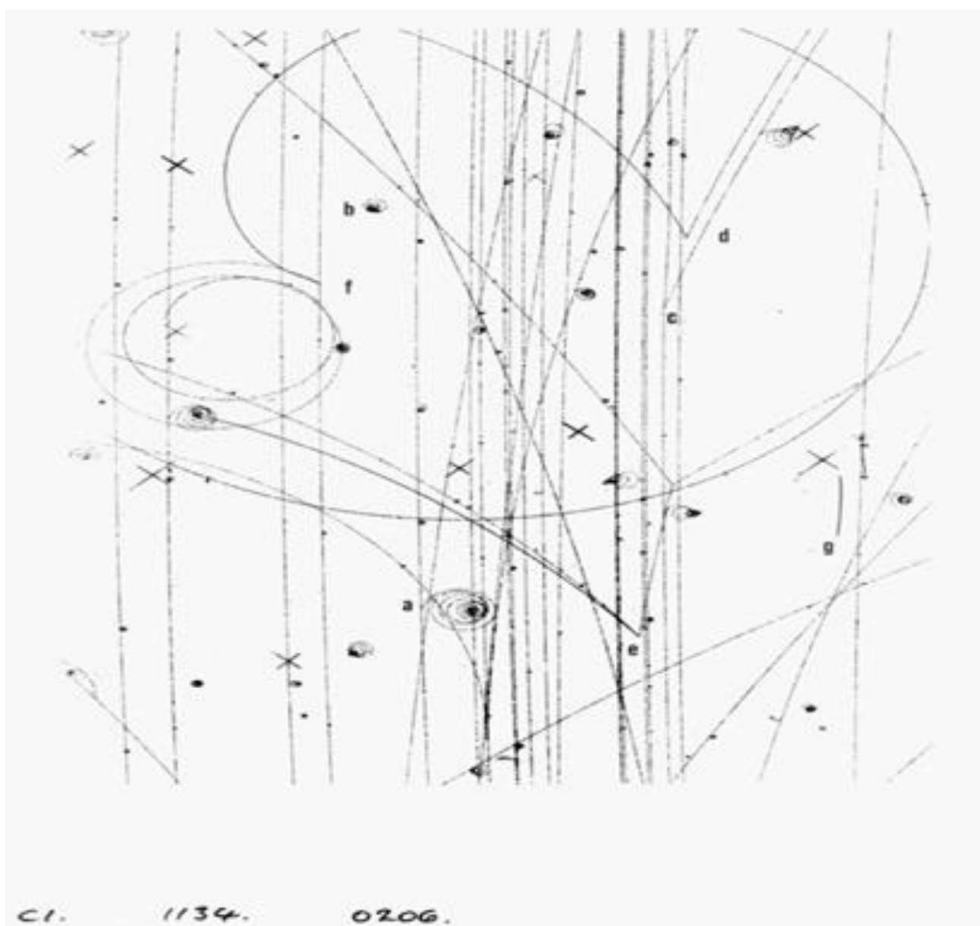
Поставя се задача учениците да намерят в интернет снимки на изследвания с мехурчеста камера. Предлага им се да ползват сайта на CERN

като се пояснява, че поставените там снимки са оригинални. Адресът е: <https://cds.cern.ch/record/2307419>.

Обсъждат се избраните от учениците снимки и се формират групи по желание да работят по една избрана от тях снимка (например от номера 0206 до 0221).

Поставя се задача да се опишат частиците, които са оставили следи на фотографиите. За да се определят взаимодействията на частиците или техният разпад трябва да се познават някои важни характеристики на следите, оставените в мехурчестата камера от частиците (радиус, посока на закривяване и др.). Затова на учениците се предлага научна информация, която да подпомогне тяхната дейност.

Предлагаме примерни указания за работа със снимка 0206 (Фиг. 1) [6]:



Фиг. 1.

*Въпрос:* Защо радиусът на спиралите, които се наблюдават намалява?

*Отговор:* Протонът, който преминава през атом, е под действието на електрична сила, която го ускорява и на магнитна сила, която определя неговата траекторията. Електронът има малка маса и затова следата е бледа. При това движение се губи енергия, защото се излъчва фотон, т.е. електронът губи бързо енергия и импулс, което води до все по-малък радиус.

*Въпрос:* Като се съобразите с импулса на частиците преди и след сблъсъка, обяснете защо се е получила друга частица в т. с ? Какъв е зарядът на тази частица?

*Отговор:* Според закона за запазване на импулса в т. с е получена една допълнителна неутрална частица, която не променя посоката си на движение и остава отляво на наблюдаваните частици.

*Въпрос:* В т. **d** е станал разпад и са се получили две частици. Измерете радиуса и определете коя от двете има по-голям импулс. Като използвате закона за запазване на импулса установете първоначалното направление на неутралната частица, която се е разпаднала в т. **d**.

*Отговор:* Частицата, която се движи надясно, има по-голям импулс. Импулсът на всяка една от получените частици е пропорционален на радиуса на кривината. Импулсът на “родителката” е векторна сума от импулсите на получените две частици и посоката му обикновено е между посоката на двете частици “продукти”. В този случай, по-близо до линията е тази отрицателна частица, която е с по-голям импулс, т.е. която е надясно. Това означава, че неутрална частица е получена вероятно от съседна  $K^- - p$  реакция в т. с.

*Въпрос:* Като имате предвид двете частици, които са се движели вляво от т. **e**, преценете коя от тях има по-голям импулс. По-слабо отклонената следа е по-плътна, отколкото другата.

*Отговор:* Двете частици имат почти еднакви импулси. Скоростите им са обратно пропорционални на масите им. Протонът е най-тежката частица, седем пъти по-тежка от  $\pi^+$ , и следователно по-тъмната следа се дължи на протони.

## Пример 2.

Анализиране на данни от сблъсък на елементарни частици и определяне на вида на получените частици с помощта на таблиците на Файман [7].

Предварителните знания, които са необходими на учениците са:

- Протоните имат кваркова структура  $uud$ ;
- Неутроните имат кваркова структура  $udd$ ;

– При удара на частиците се образува високо енергетична кварк-глюонна плазма. За много малък интервал от време протича рекомбинация на кварки, в резултат на което се образуват нови стабилни и нестабилни частици.

Учителят запознава учениците предварително с Таблица 1 и с правилата за работа с нея. Тези правила са следните:

1. Ако кварковата структура започва с буквата  $u$ , то мислено се придвижваме надясно и надолу.
2. Ако кварковата структура започва с буквата  $d$ , то мисленото движение се осъществява нагоре и надясно.
3. Ако кварковата структура започва с буквата  $s$ , то движението се осъществява нагоре и надясно, а за да се открие кваркът е необходимо да се гледа по низходящия ред.
4. Мисленото движение продължава до реда на третия кварк. Така се получава търсената частица.

Табл. 1.

		Кваркова структура D ↓ ■						
		$u$	$d$	$s$	$c$	$b$	$t$	
Кваркова структура U → ●	$u$	–	•	•	–	–	–	
	$d$	• $p$	• $n$	■ $\Sigma^-$	–	–	–	
	$s$	• $\Sigma^+$	• $\Sigma^0$	• $\Xi^0$ ■ $\Xi^-$	■ $\Xi_c^0$	▲ $\Omega^-$	▲ $\Omega_c^0$	
	$c$	–	• $\Lambda_c^+$	• $\Xi_c^+$	–	–	–	
	$b$	–	• $\Lambda_b^0$	–	–	–	–	
	$t$	–	–	–	–	–	–	
			Кваркова структура S ↑ ▲					$s$



На учениците се поставя *задача*: Определете кой барион притежава следната кваркова структура **usc**?

Учениците следват описаните по-горе стъпки и техните действия са следните:

1. Определят вида на първия кварк – *u*.
2. Определят посоката на движение по таблицата: отстрани е написано “Кваркова структура *u*” и е показана посоката на движение.
3. По правило 1 определят посоката – надясно и надолу.
4. Избират първия ред, защото неговото название съвпада с името на първия кварк.
5. При вторият кварк – *s*, се движат по правилото до кварк *s*.
6. Сменят посоката надолу по правилото до ред с название на третия кварк. В дадения случай това е *c*.
7. Получават резултат –  $\Xi^+$ .

Прилагането на изследователския подход при изучаване на темите за елементарни частици в 10. клас е в съответствие с познавателната зрялост на учениците и с характера на учебното съдържание. Включването в обучението на задачи с изследователски характер е добра възможност да се изгради положителна нагласа за учене, да се стимулира интереса към съвременната физика и методите ѝ на изследване и да се осъществи професионална и личностна ориентация.

## Литература

- [1] Р. Фейнман, С. Вайнберг (2000) Элементарные частицы и законы физики. Пер. Англ. – М. Мир.
- [2] Ж. Райкова (2019) Съвременни тенденции в обучението по физика, Пловдивско университетско издателство, ISBN 978-619-202-441-3.
- [3] Г. Лавчева, Ж. Райкова (2011) Възможности за преодоляване на дидактически трудности при изучаване на раздела “От атома до Космоса” – 10.клас. *Физика* (4) София, ISSN 0204-6946.
- [4] K. Katsarova, R. Kaleva-Levi (2015) Application of the scientific research approach in science education in Language School “Plovdiv”. *Bulgarian Chemical Communication* 47 Special Issue B, pp. 528-532.
- [5] Учебна програма по физика за 10 клас от 2012 г.
- [6] <http://epweb2.ph.bham.ac.uk/user/watkins/seeweb/Bubble.htm#harder206> (04.03.2020).
- [7] С.Ш. Басков (2013) Развитие исследовательских способностей учащихся при изучение физики частиц в старших профильных классах. *Физика в школе* 2 15-21.