

ЕКОЛОГИЧНО ОБРАЗОВАНИЕ НА УЧЕНИЦИТЕ В ИЗБИРАЕМАТА ПОДГОТОВКА ПО ФИЗИКА В 11. КЛАС

ВЕСЕЛИНА ДИМИТРОВА, АНЖЕЛА ПЕТКОВА

Катедра „Методика на обучението по физика“

Веселина Димитрова, Анжела Петкова. ЕКОЛОГИЧНО ОБРАЗОВАНИЕ НА УЧЕНИЦИТЕ В ИЗБИРАЕМАТА ПОДГОТОВКА ПО ФИЗИКА В 11. КЛАС

В настоящата работа се представя едно дидактическо изследване, свързано с екологичното образование на учениците в избираемата подготовка по физика в 11. клас. Разработен е нов избираем курс по физика в 11. клас на тема: „Физични проблеми в екологията“. Програмата на курса съдържа три модула: 1 **Увод в екологията**; 2. **Физични замърсители на околната среда. Методи за контрол**; 3. **Физика и медицина**. Разкриват се най-важните проблеми при изучаването на темите от трите модула. Проследяват се основните етапи от дидактическото изследване. Посочват се основните методи на изследване, използваният инструментариум, получените резултати от дидактическия експеримент в училище.

Vesselina Dimitrova, Angela Petkova. ECOLOGICAL EDUCATION OF STUDENTS BY ELECTIVE TRAINING IN PHYSICS IN THE 11th GRADE

In this study we propose a didactic study associated with the ecological education of students by elective training in physics in the 11th grade. We have elaborated a new physics course for elective training in the 11th grade on a topic: „Physics problems in ecology“. The programme of the course consists of three modules: 1. Introduction to ecology; 2. Physics environmental contamination and monitoring methods; 3. Physics and medicine. **The most important problems with learning the themes of the modules are revealed. The main stages of the didactic study are followed.** The basic methods of the didactic study, used instruments, as well as the results of didactics experiments in school are pointed.

Keywords: ecology, ecological education, physics problems

PACS number: 01.40.Ej

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Екологичните проблеми – изтъняването на озоновия слой, замърсяването на почвата, атмосферата и хидросферата, глобалното затопляне и т. н. – изискват съответна реакция от страна на обществото, в това число и някои промени в образованието на учениците с оглед изграждане на екологични знания и умения у тях, възпитаване на отговорно отношение и активна гражданска позиция към екологичните проблеми на съвременността, формиране на екологична култура и екологична етика. Екологичните знания на учениците трябва да се интегрират със знанията им по всички учебни дисциплини, особено със знанията им по физика, математика, биология, химия, география. Умелото съчетаване на задължителната подготовка (ЗП), задължително-избираемата подготовка (ЗИП) и свободно-избираемата подготовка (СИП) на учениците съдейства за оптималното изпълнение на целите и задачите на екологичното образование.

В резултат на анализа на литературата в областта на екологията, физиката и дидактиката може да се формулира и основният проблем, който е в основата на настоящето дидактическо изследване: Как да се включат екологични знания в учебното съдържание по физика за избираемата подготовка на учениците в средното училище.

2. ТЕОРЕТИЧНА РАМКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Връзката между екологията и физиката може да се осъществява в различни насоки: физични закони в основата на жизнените процеси и явления, същност на физичните екологични фактори, физично замърсяване, физични методи и уреди, които се използват за наблюдение и контрол на състоянието на околната среда (физичен мониторинг), физични методи за изследване на биологичните системи и др. [1]. За съжаление, в литературата няма разработени достатъчно учебни програми за избираема подготовка по физика с екологична насоченост. Не са направени и достатъчно конкретни разработки на учебно съдържание върху въпроси, свързани с физичното замърсяване, физичния мониторинг, приложението на физичните методи в медицината и др. Липсват и конкретни методически разработки на занятия за избираемата подготовка по тези въпроси.

В настоящата работа се разглеждат резултатите от проведени дидактически експерименти в училище, свързани с реализацията на един нов курс – „Физични проблеми в екологията“, за избираемата подготовка по

физика. Обектът и предметът на дидактическото изследване, целите и задачите на изследването, както и работната хипотеза и планът на изследването са подробно описани в предишна наша публикация [2]. Програмата на курса „ Физични проблеми в екологията „ е разработена на модулен принцип. В зависимост от интересите и индивидуалните възможности на учениците тези модули могат да се изучават и самостоятелно.

Общите дидактическите цели на програмата [2], които включват дидактическите цели на трите модула са:

1. Обобщаване и систематизиране на екологичните знания на учениците, усвоени в обучението по биология, физика и химия.
2. Обобщаване и систематизиране на физичните знания на учениците за физичните фактори на околната среда, физичните замърсители – шум, ултразвук и инфразвук, електромагнитно поле и др.
3. Усвояване на нови знания от учениците, свързани с основни екологични понятия, екологични правила и закони, чието нарушаване поражда екологични кризи и катастрофи; нови знания за физичните замърсители на околната среда, физичния мониторинг, приложение на физичните методи и уреди в медицината и др.
4. Развитие на познавателен интерес у учениците към физиката чрез използване на междупредметните връзки физика–биология.
5. Формиране на познавателни умения у учениците за усвояване на нови знания, както и умения за прилагане на усвоените знания при решаване на проблеми с екологичен характер.
6. Развитие на логичното мислене на учениците чрез използване на методите на научното познание анализ, сравнение, синтез, абстракция и обобщение при усвояване на екологични знания.
7. Възпитаване на активна гражданска позиция у учениците и отговорно отношение към глобалните екологични проблеми на съвременността.

Основните модули в програмата [2] включват следните теми:

Модул I. Увод в екологията.

1. Предмет, цели и задачи на екологията.
2. Физични екологични фактори.
3. Антропогенни фактори.
4. Биосфера – организация и същност.

Модул II. Физични замърсители на околната среда. Методи за контрол

1. Шумово замърсяване.
2. Топлинно замърсяване.

3. Нейонизиращи лъчения.
4. Вибрации.
5. Ултразвук и инфразвук.
6. Йонизиращи лъчения.

Модул III. Физика и медицина

1. Човекът като физична система.
2. Газовият разряд в медицината.
3. Лазерите в медицината.
4. Ултразвукът в медицината.
5. Електромагнитното поле в медицината.

В първия модул се обобщават и систематизират знанията на учениците, усвоени в задължителната подготовка по биология и здравно образование за равнищата на организация на живата материя като структурни елементи на една макросистема – биосферата. Разглеждат се основните групи екологични фактори на средата и по-специално физичните екологични фактори, необходими за съществуването и развитието на живите организми. Подчертава се важната роля на антропогенните фактори (въздействието на човека върху биосферата), както и някои екологични закони и правила, чието нарушаване поражда екологични кризи и екологични катастрофи. Акцентира се върху съвременните представи за екологията като една интегрална наука [3]. Темите от този модул могат да се преподават съвместно с учителя по биология или да се организират комплексни учебни семинари.

Във втория модул се разглеждат физичните фактори на околната среда: шум, вибрации, ултразвук и инфразвук, нейонизиращи лъчения и др. Акцентира се върху вредното въздействие на тези фактори върху човека. При изучаването на отделните теми от този модул е необходимо да се обърне внимание върху следните основни моменти:

1. Физична същност на звука, ултразвука, инфразвука, вибрациите, нейонизиращите и йонизиращите лъчения.
2. Източници на замърсяването.
3. Биологично действие на факторите на замърсяването.
4. Установяване на хигиенни норми за конкретните замърсители.
5. Профилактични мерки срещу вредното въздействие на замърсителите на околната среда.

В третия модул вниманието се насочва върху полезното действие на част от факторите, изучени във втория модул като замърсители. Тук обаче тези физични фактори – ултразвукът, електромагнитното поле, аеройоните и др. – се разглеждат чрез тяхното полезно действие в медицината за диагностика и лечение на различни видове заболявания на човека [4].

3. МЕТОДИ НА ДИДАКТИЧЕСКОТО ИЗСЛЕДВАНЕ

При подготовката и провеждането на емпиричната част на дидактическото изследване са използвани следните методи:

1. Дидактически тестове.
2. Метод на експертните оценки.
3. Активно наблюдение.
4. Дидактически експеримент – констатиращ, формиращ и заключителен.
5. Математико-статистически методи за обработка и анализ на получените в хода на изследването резултати (непараметрични методи с критерий на Уйлкоксън и критерий на Ман–Уитни).

За установяване на входното и изходното ниво на знания и умения на учениците са разработени дидактически тестове за всеки от модулите на учебната програма, като всеки тест е разработен в два варианта. Изследват се следните характеристики на тестовете: трудност и дискриминативна сила на отделните тестови задачи, средна трудност на теста, надеждност и валидност.

Методът на експертните оценки се използва за установяване на съответствието между съдържанието на отделните тестови въпроси и задачи и поставените образователни и възпитателни цели на тестовете. По този начин може да се определи съдържателната валидност на последните.

На базата на предварително изготвените дидактически тестове и активното наблюдение на учебната дейност на учениците бе извършена аprobация на учебното съдържание от трите модула на програмата в 39 СОУ в една паралелка – 12. клас, хуманитарен профил (български език и литература – първи профилиращ предмет, история – втори профилиращ предмет, философия – трети профилиращ предмет).

Структурата на дидактическия експеримент включваше характерните три разновидности:

1. Констатиращ експеримент, при който се определя входното ниво на знания и умения у учениците.
2. Формиращ експеримент, при който се осъществява реализацията на теоретичния модел на изследване.
3. Заключителен експеримент, при който се определя изходното ниво на знания и умения у учениците след осъщественото педагогическо въздействие по време на формиращия експеримент.

4. ДИДАКТИЧЕСКИ ЕКСПЕРИМЕНТ

4.1. ПОДГОТОВКА НА ДИДАКТИЧЕСКИЯ ЕКСПЕРИМЕНТ

Установяването на входящото ниво на знания и умения на учениците става с дидактически тестове за всеки един от модулите на програмата. Въпросите в тези тестове са свързани с новия, предвиден за изучаване учебен материал за съвременната екология, основните екологични проблеми, физичните замърсители на околната среда. Проверяват се усвоени знания от задължителната подготовка по “Биология и здравно образование“ и „Физика и астрономия“ в 9. и 10. клас във връзка със същността на науката екология, основни екологични понятия, екологичните фактори, физичните фактори: шум, ултразвук и инфразвук, електромагнитно поле, йонизиращи лъчения и др.

За установяване на изходното ниво на знания и умения на учениците в края на изучаването на новото учебно съдържание се използват разработени за всеки от модулите критериални тестове. За определяне на съдържателната валидност на тестовете е използван методът на експертните оценки, в който участват методици, учители по биология и физика и физици. За целта са изготвени специални карти, които се попълват от експертите.

За да се определи броят на предвидените задачи в тестовете, съобразно важността на отделните елементи на учебното съдържание, на предварително конкретизираните учебни цели и на различните равнища на усвояване, които се предвиждат съобразно таксономията на Б. Блум, се създава матрица на целите.

С цел оценяване на резултатите от изследването се създаде следната система от показатели и критерии:

Първи показател. Обем на усвоени екологични знания на учениците чрез обучението им по физика: знания за основни екологични понятия, знания за екологични закони и правила, чието нарушаване поражда екологични кризи и катастрофи, и знания за природни явления и процеси.

Втори показател. Умения за прилагане на екологични знания на учениците в обучението им по физика: умения за прилагане на изучените екологични закони и правила за обяснение на актуални екологични кризи и катастрофи, умения за прилагане на екологичните закони и правила за посочване на евентуални промени в абиотичните и биотичните екологични фактори.

Трети показател. Обем на усвоени физични знания на учениците: зна-

ния за физични величини, знания за физични явления и процеси, знания за физични принципи и закономерности и знания за физични методи.

Четвърти показател. Умения за прилагане на усвоени физични знания: умения за прилагане на знания за физични величини при решаване на задачи, умения за прилагане на знания за физични процеси при решаване на конкретни проблеми, умения за прилагане на физични принципи при решаване на задачи.

За формиране на извадка и подбор на групи за дидактическото изследване е използван принципът на случайния избор на елементите. При образуването на извадката имаше трудности, свързани с недостатъчния брой групи за изучаване на физика в ЗИП в 11 клас. Дидактическият експеримент за първия модул от учебната програма е проведен с две групи за ЗИП по физика в 11. клас: първа група от 20 ученика (хуманитарен профил), 39 СОУ „П. Динеков“, гр.София; втора група от 50 ученика, ПГ „Акад. С. Корольов“, гр. Дупница. Изграденият теоретичен модел за втория модул е апробиран в една група за ЗИП по физика в 11 клас (20 ученика, хуманитарен профил, 39 СОУ „П. Динеков“). Основното изследване се осъществи в две паралелки за ЗИП по физика: първа група от 18 ученика (природо-математически профил), 39 СОУ „П. Динеков“; втора група от 21 ученика (непрофилирана паралелка), 36 СОУ „М. Горки“.

4.2. ПРОВЕЖДАНЕ НА ДИДАКТИЧЕСКИЯ ЕКСПЕРИМЕНТ

Дидактическият експеримент включва следните етапи: констатиращ експеримент, развиващ (формиращ експеримент), заключителен експеримент [5,6]. Целта на констатиращия експеримент е да установи входното ниво на знания и умения на учениците, които имат пряко отношение към съдържанието на изследването. Съществен момент е, че този експеримент се провежда, преди учениците да са усвоили новото учебно съдържание, свързано със съвременните представи за науката екология, основните екологични закони и правила, чието нарушаване поражда екологични кризи и екологични катастрофи, физичното замърсяване на околната среда. По тази причина се проверява равнището на техните досегашни знания, получени от задължителната подготовка по “Биология и здравно образование“ и „Физика и астрономия“ в 9. и 10. клас, но в тясна връзка с предстоящия за изучаване учебен материал. За констатиращия експеримент са разработени дидактически тестове за установяване на входното ниво на знанията на учениците. При формиращия експеримент се реализира планираното въздействие според утвърдената концепция и разработения теоретичен модел на изследването. Заключителният експеримент

се провежда в края на обучението и позволява да се получи информация за крайните резултати от изследването. За заключителния експеримент са разработени дидактически тестове за установяване на изходното ниво на екологични знания на учениците.

Общ модел на емпиричното изследване

Изследването се изгражда върху модел, описан в литературата като „претест-посттест дизайн с една група“ (single-group pretest-posttest design [5]. За този модел е характерно, че в началото на изследването се оценява входното ниво на изследваните лица, след което се осъществява експериментално въздействие, а в края се оценява ефекта от това въздействие чрез посттест. Особеното в този случай е, че при него не съществува контролна група, поради което не е напълно сигурно, че измерените резултати са следствие именно на експерименталното въздействие. По тази причина Д. Кембъл [5] определя модела като „доекспериментален“. В същото време обаче той много често се използва в педагогическите изследвания. Изборът на този модел е определен от спецификата на нашето дидактическо изследване. Учениците от всички групи, участващи в дидактическия експеримент, изучават едно и също ново учебно съдържание. Групите, които изучават физика в задължително-избираема подготовка (ЗИП) в 11. Клас, са малко на брой, поради това не може да се спази изискването за изравняване на групите, каквото е необходимо при използването на другите експериментални модели (особено с наличие на контролна група).

В края на обучението на учениците по първия модул от програмата – „Увод в екологията“, техните резултати се оценяват чрез тест, който трябва да установи доколко са реализирани дидактическите цели – учениците да могат да определят същността на науката екология съгласно съвременните представи, а именно:

1. Да дефинират съвременната екология като интегрална наука („мегаекология“, съвкупност от екологични науки) и предмета на съвременната биоелекология – изучаване на структурата и функционирането на биологични системи от различни йерархични равнища (от молекула до биосфера).
2. Да назовават някои основни направления за връзка между екология и физика: да посочват физичното замърсяване, физичния мониторинг, същност на физичните екологични фактори, физични методи и уреди, прилагани в медицината, ядрена енергетика и др., като основни направления, в които се осъществява връзката между екологията и физиката.

3. Да разпознават основните групи екологични фактори: абиотични, биотични и антропогенни фактори, да различават степените на въздействие на абиотичните фактори: минимум, максимум, оптимум, песимум.
4. Да разграничават основните групи организми в зависимост от тяхната екологична пластичност: организми с висока екологична пластичност и организми с ниска екологична пластичност.
5. Да разбират структурата и функционирането на екосистемите и биосферата, да разграничават основните трофични равнища: продуценти, консументи, редуценти.
6. Да различават основните етапи в еволюцията на биосферата: биогенеза и ноогенеза.
7. Да формулират основните екологични правила и закони, чието нарушаване поражда екологични кризи и катастрофи: правилото на бумеранга, закона за необратимостта на взаимодействието на системата човек–биосфера и закона за незаменимостта на биосферата.

В края на обучението по втория модул от учебната програма „Физични замърсители на околната среда. Методи за контрол“ резултатите на учениците се оценяват чрез тест, който трябва да установи до каква степен в процеса на обучение са изпълнени предварително операционализираните цели. Считаме, че целите са постигнати, ако за един учебен час 75% от учениците са решили 75% от тестовите задачи.

След усвояването на учебното съдържание от Модул II. “Физични замърсители на околната среда. Методи за контрол“, учениците трябва:

1. Да дефинират основните величини, използвани за характеристика на звука и основните величини, използвани в радиационната физика.
2. Да изброяват най-важните промени в абиотичните фактори в резултат на топлинното замърсяване и някои уреди за анализ и контрол на околната среда.
3. Да разграничават главните ефекти, свързани с биологичното въздействие на шума и специфичните от неспецифичните ефекти на шума.
4. Да описват някои характерни промени във функционирането на определени органи и системи на човека в резултат на шумовото замърсяване.
5. Да разпознават основните параметри, които се използват за характеристика на вибрациите.

Обработка и анализ на резултатите от дидактическите тестове

За целите на експерименталното изследване са създадени две еквивалентни форми на теста (тест А и тест В). При обработката на резултатите е направен анализ на трудността на отделните тестови въпроси (айтеми), която се определя от процентния дял на правилно отговорилите ученици [7, с.189]. Количествено трудността на един айтем се представя чрез т. нар. индекс на трудност, който се пресмята по формулата

$$P = 100 \frac{N_R}{N},$$

където N е обемът на извадката, N_R – броят на лицата, решили вярно задачата.

В критериалното тестиране индексът на трудност на дадена задача се тълкува като процент от учениците, които са постигнали поставената цел, т.е. трудността няма същия смисъл както при нормативното тестиране. В литературата са посочени ориентировъчни граници за трудността на дадена тестова задача от критериален тест, които са между 0 и 50% за необучавани ученици и между 70 и 100 % за обучавани ученици [7, с. 207]. Определена е и другата характеристика на теста – дискриминативната (разграничителна) сила, която показва възможностите на дадена задача да разграничава силните от слабите по постижения изследвани лица [7, с. 193]. За определянето на индекса на дискриминативна сила е използвана формулата

$$DP = \frac{R_U - R_L}{\frac{1}{2}T},$$

където R_U е броят на учениците от „силната група“, решили задачата; R_L – брой на учениците от „слабата група“, решили задачата; T – общият брой на учениците от двете експериментални групи. Тази формула е използвана при определяне на индекса на дискриминативна сила на тестовите задачи от Модул I. При анализа на тестовите задачи, свързани с Модул II от програмата, индексът на дискриминативна сила е определен по формулата на Р. Бренън, която се използва при критериално-ориентираните тестове [7, с. 205]:

$$BI = \frac{V_1}{N_1} - \frac{V_2}{N_2},$$

където V_1 е брой на учениците от „силната“ група“, решили вярно задачата; V_2 – брой на учениците от „слабата“ група, решили вярно задачата; N_1 – общ брой на учениците от „силната“ група; N_2 – общ брой на учениците от „слабата“ група.

За тестовете (тест А и В), с които се установява входното ниво на екологични знания на учениците преди изучаването на Модул I, са определени основните характеристики на тестовите задачи (трудност и дискриминативна сила) и средната трудност на двата теста $p_{cp} = 0,44$ (тест А) и $p_{cp} = 0,41$ (тест В).

Анализът на резултатите на учениците в началото на обучението показва наличие на пропуски в екологичните им знания. 45% от учениците вярно посочват основните равнища на организация на живото вещество. 62% от тях определят понятието екологичен фактор, а 43% – разграничават основните групи екологични фактори: биотични, абиотични и антропогенни. 38% от учениците посочват някои от приспособителните механизми на живите организми към промяната в параметрите на екологичните фактори. 49% – определят същността на понятието екосистема и посочват най-характерните особености при нейното функциониране. 41% – посочват ноосферата като ново еволюционно състояние на биосферата („сфера на разума“). Едва 11% от учениците правилно посочват основните фактори, обуславящи топлинното замърсяване на околната среда, както и най-характерните особености на парниковия ефект. 65% – дефинират екологията като интегрална наука. 24% от учениците изброяват най-важните екологични проблеми на нашата съвременност.

За тестовете (А и В), с които се установява изходното ниво на екологични знания на учениците след изучаване на Модул I са определени трудност и дискриминативна сила на отделните тестови задачи и средната трудност на тестовете като цяло: $p_{cp} = 0,84$ (тест А) и $p_{cp} = 0,82$ (тест В). Анализът на резултатите от тестовата проверка показва, че над 80 % от учениците са постигнали над 80 % от поставените образователни цели. 85% от тях посочват поне по шест направления, в които се осъществява връзката между науките екология и физика. 85% – вярно определят същността на екологията според съвременните представи, а 95% – правилно определят предмета на съвременната биоикология. 91% от учениците разпознават основните групи екологични фактори, както и степените на тяхното въздействие. 63% – разграничават групите организми в зависимост от тяхната екологична пластичност. Всички изследвани ученици вярно са разграничили трофичните равнища, които се обособяват в една екосистема. 88% от тях различават основните етапи в еволюцията на биосферата:

биогенеза и ноогенеза. 55% – вярно формулират най-важните екологични закони и правила. Този процент верни отговори е по-нисък в сравнение с верните отговори на другите задачи. В бъдещата работа по екологично образование на учениците би следвало да се обърне по-сериозно внимание на изясняването на тези закони.

Оценката от тестовете за Модул I е формирана, като суровият тестов бал от двата теста (A и B) се трансформира в процентилна скала. Тя в случая е по-подходяща от стандартните скали, тъй като малкият обем на извадката не позволява да се правят изводи за характера на разпределението. На базата на процентилните оценки се преминава към петстепенна оценъчна скала, като за граници са приети 5-ти, 25-ти, 75-ти и 95-ти процентил. Обемът на екологичните знания на учениците се оценяват по следната петстепенна скала: пълен обем, голям обем, среден обем, малък обем и липса на знания.

За теста, с който се установява входното ниво на екологични знания у учениците за Модул II, са определени основните характеристики на тестовите задачи (трудност и дискриминативна сила) и средната трудност на теста: $p_{cp} = 0,39$. При анализа на тестовите резултати са установени съществени пропуски във физичните и екологичните знания на учениците. Едва 23% от учениците вярно дефинират основните величини, използвани в радиационната физика: погълната доза и еквивалентна доза. 18% от тях познават зависимостта между скоростта, дължината на вълната и честотата на звуковата вълна. 32% от учениците разграничават механичните от електромагнитните вълни. 39% от тях различават основните величини, които се използват за характеристика на звука, както и измерителните им единици. 41 – % разпознават ултразвука и инфразвука като компоненти на шума във високочестотния и нискочестотния му обхват. 73% – посочват неблагоприятното въздействие на инфразвука върху организма на човека. 14% – сравняват електромагнитните вълни (по дължина на вълната) в спектъра на електромагнитните лъчения. 43% – посочват най-характерните особености на електромагнитните вълни. 73% – назовават основните фактори, свързани с топлинното замърсяване на околната среда.

За теста, установяващ изходното ниво на знания и умения на учениците за Модул II са определени характеристиките на тестовите задачите (трудност и дискриминативна сила) и средната трудност на теста като цяло $p_{cp} = 0,79$. Анализът от тестовата обработка показва, че учениците успешно са се справили с поставените въпроси и задачи. В края на обучението 82% от учениците могат да дефинират основните величини, които се използват за характеристика на звуковите вълни, а 97% – могат

дефинират величините, които се използват във физиката на йонизиращите лъчения. 90% – разграничават главните ефекти, свързани с биологичното въздействие на шума (специфични и неспецифични ефекти). 77% от учениците разпознават основните видове вибрации (обща и локална вибрация), както и някои от симптомите на вибрационната болест. 73% – изброяват основните промени, свързани с топлинното замърсяване на околната среда и посочват газовите анализатори като уреди за анализ и контрол на околната среда. 87% от учениците разграничават нейонизиращите и йонизиращите лъчения в електромагнитния спектър, а 92% – посочват точната граница (като дължина на електромагнитната вълна) между тях. Изключение прави задача 7, при която процентът на верните отговори е едва 46%. Задачата изисква да се сравняват различни видове електромагнитни лъчения според дължините на вълните. Тъй като това е задачата, чийто индекс на дискриминативна сила е отрицателен, тя трябва да се преформулира. 69% от учениците посочват най-характерните въздействия на радиочестотните и лазерните лъчения върху организма на човека. 97% от тях могат да формулират основния принцип на лъчезащитата (принцип „ALARA“), а 62% – разграничават основните категории облъчване на населението с източници на йонизиращи лъчения. 79% от учениците прилагат усвоените екологични знания при решаване на конкретни задачи.

Особено важен проблем при критериалните тестове е определянето на критичната граница („cut-off“, „passing score“), с помощта на която след извършване на тестирането се преценява дали дадено лице е постигнало или не е определена учебна цел (респективно множество от цели). По този начин изследваните лица се разпределят в две категории: постигнали и непостигнали учебните цели [6,7]. В литературата са описани различни начини за определяне на тази критична граница. В настоящето изследване за критична граница се приема 12 вярно решени задачи от теста, като се използват резултатите от модела на Клауер, представени в обобщаваща таблица [6,7]. Като се има предвид тази критична граница, както и първоначално зададения критерий (75% от учениците да са решили вярно 75% от всички тестови задачи), можем да считаме, че образователните цели са постигнати от 79% от учениците. При преминаването от суровия бал на теста (точки) към оценки е използвана таблица за трансформация на баловете в оценки [6,7].

Анализът на отделните айтеми не може да гарантира качествата на теста като такъв, поради което в теорията и методологията на тестовете съществува изискване за анализ на теста като цяло, т.е. на неговата

надеждност и валидност. Надеждността на един тест показва неговата точност и достоверност на измерване. Тъй като всяко измерване винаги е свързано с грешка, то по-високата надеждност ще означава по-малка грешка. В литературата са описани четири основни подхода за анализ и проверка надеждността на теста [6,7]. Един от най-подходящите начини за проверка на надеждността се счита използването на две паралелни форми на теста в една и съща извадка. Изчисляването на коефициента на корелация между резултатите от двете паралелни форми дава информация за тяхната еквивалентност, т.е. за степента, в която те измерват едно и също нещо. Коефициентът на корелация обикновено се пресмята по формулата на Пирсън–Браве [7, с.216]:

$$r_{ii} = \frac{N \sum X_1 X_2 - \sum X_1 \sum X_2}{\sqrt{(N \sum X_1^2 - (\sum X_1)^2)(N \sum X_2^2 - (\sum X_2)^2)}}$$

където N е обем на извадката; X_1 – първична (сурова) стойност на тестовия бал от едната форма на теста (тест А); X_2 – първична (сурова) стойност на тестовия бал от втората форма на теста (тест В).

В същото време данните могат да се анализират и по отношение на вътрешната съгласуваност, което дава възможност да се провери хомогенността на теста. В този случай коефициентът на надеждност може да се пресметне по формулата на Кюдер–Ричардсън KR_{20} [7, с. 222]:

$$KR_{20} = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum pq}{\sigma^2} \right),$$

където K е брой на задачите в теста; p – трудност на задача, изразена чрез относителния дял на решените я; $q = 1 - p$; σ – стандартното отклонение на тестовия бал.

Сравнително често при критериалните тестове за оценка на надеждността на теста се използва формулата на С. Ливингстоун [7, с. 230]:

$$r_{CR} = \frac{r_{NR} S^2 + (\bar{X} - C)^2}{S^2 + (\bar{X} - C)^2},$$

където r_{NR} е някаква традиционна мярка за измерване на надеждността; S – стандартно отклонение на тестовия бал; \bar{X} – средната аритметична стойност на тестовия бал; C – стандарт за успешност (cut-off) на теста.

На базата на получения коефициент на надеждност се изчислява стандартната грешка по формулата

$$SE_m = \sqrt{1-r},$$

където S е стандартно отклонение; r – коефициент на надеждност.

Получените коефициенти на надеждност за тестовете от двата модула са както следва:

Модул I: Тест А – $r_{CR} = 0,78$ – по формулата на Ливингстоун;

Тест В – $r_{CR} = 0,93$ – по формулата на Ливингстоун;

Модул II: $r_{tt} = 0,779$ – по формулата на Пирсън–Браве;

$r_{tt} = 0,580$ – по формулата на Кюдер–Ричардсон;

$r_{CR} = 0,801$ – по формулата на Ливингстоун.

За стандартната грешка са получени следните резултати:

Модул I: Тест А – $SE_m = 0,92$;

Тест В – $SE_m = 0,33$;

Модул II: $SE = 1,002$.

Проблемът за определяне на валидността на дидактическите тестове е особено съществен. „Няма валидност въобще, всеки тест е валиден по отношение на дадена цел или дадена група от хора“ [7, с. 231]. В литературата се посочват няколко основни вида валидност: критериална валидност, съдържателна валидност и конструктивна валидност. За целите на нашето изследване особено интерес представлява съдържателната валидност, тъй като тя показва доколко включеното в теста учебно съдържание е адекватно на конкретните цели на изследването. За определяне на съдържателната валидност на тестовете е използван методът на експертните оценки. Взето е мнението на методици, учители по физика и биология и физици за степента на съответствие на подбраните по съответното учебно съдържание тестови задачи и предварително конкретизираните образователни цели. Използваната процедура за определяне на съдържателната валидност е рейтинг-скалирането, където степента на съответствие се оценява от експертите с помощта на петстепенна оценъчна скала, а резултатите се обобщават в таблица [7, с. 202]. Данните за Модул I показват, че експертите смятат тестовите задачи за подходящи и съответстващи на определените учебни цели. Анализът на експертните и медианните оценки показва, че няма съществени различия между оценките на отделните експерти. По мнението на експертите повечето задачи имат висока степен на съответствие с учебните цели. Данните за Модул II показват аналогични резултати. По мнението на експертите и тук задачите имат висока степен на съответствие с учебните цели.

Анализът на резултатите от наблюдението при провеждане на формиращия експеримент показва, че у учениците се създаде подчертан интерес към изучаваните проблеми, свързани с различните насоки на взаимодействие между екологията и физиката. Учениците бяха добре мотивирани и с желание се включваха в различни дейности на учебно-възпитателния процес. Широко бе използвана самостоятелната работа на учениците: те попълваха таблици, използваха допълнителна научно-популярна литература за изготвяне на научни съобщения, решаваха проблеми, чрез метода индукция достигаха до обобщени планове за изучаване на физичните фактори на околната среда. Особен интерес предизвикаха у тях ефектите, свързани с биологичното въздействие на физичните замърсители на околната среда: шум, ултразвук, инфразвук, вибрации, електромагнитно поле, както и многобройните приложения на част от тези физични фактори в медицинската диагностика и терапия. Една обективна трудност при провеждането на дидактическия експеримент беше свързана с факта, че учебното съдържание с екологична насоченост не фигурира в учебниците и учебните помагала на учениците.

Анализ на експерименталните резултати

Дидактическият експеримент, свързан с усвояването на новото учебно съдържание (Модул I), е проведен при следните условия. Двете изследвани групи изучават едно и също учебно съдържание в ЗИП по физика, но занятията се провеждат от двама различни учители. Занятията на групата с хуманитарен профил (20 изследвани ученика, 39 СОУ „П. Динев“) се провеждат от учител по физика, а занятията на другата група (50 изследвани ученика, ПГ „Акад. С. Корольов“, гр. Дупница) – от учител по биология.

Първоначално е направено сравнение между резултатите на учениците от двете групи, получени от входящите тестове чрез непараметричния критерий на Ман–Уитни. Формулирана е нулева и алтернативна хипотеза:

H_0 : Двете извадки принадлежат на една и съща генерална съвкупност;

H_1 : Двете извадки принадлежат на различни генерални съвкупности.

Следвайки посочения в литературата алгоритъм за прилагане на непараметричния критерий на Ман–Уитни [8, с. 194], за пресметнатата величина се получава стойност $U = 32$. При увеличаване обема на извадката ($n > 20$) пресметнатата величина се нормира по следната формула:

$$u = \frac{U - \mu}{\sigma} = \frac{U - \frac{n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}},$$

където n_1 и n_2 са обемите на двете извадки. Нормираната стойност на пресметнатата величина е $|u| = 6,08$. Тази стойност е значително по-голяма от критичната стойност $u_\alpha = 2,58$, при вероятност за грешка $\alpha = 0,01$ и двустранна постановка на теста. Следователно отхвърляме нулевата хипотеза и приемаме алтернативната, а именно, че между входните резултати на двете групи съществува статистически значима разлика. Сравнението на входните постижения показва, че учениците, изучаващи физика в професионалната гимназия, имат значително по-добри резултати на входните тестове. При сравняването на изходните резултати на двете групи за стойност на пресметнатата величина се получава $U = 375,5$. Нормираната стойност е $|u| = 1,59$, която е по-малка от критичната стойност u_α , където $u_\alpha = 2,58$ при двустранна постановка на теста и вероятност за грешка $\alpha = 0,01$. Следователно в този случай нямаме право да отхвърлим нулевата хипотеза. Сравнението на постиженията на учениците в края на обучението показва, че между резултатите на учениците от двете групи не съществува статистически значима разлика. Следователно учебното съдържание с екологична насоченост се усвоява и от учениците с хуманитарен профил, и от учениците, изучаващи физика в професионалната гимназия.

Основната хипотеза на изследването [2] предполага да се провери дали съществува статистически значима разлика между резултатите от предварителното оценяване на входните знания и умения на учениците (претест) и резултатите, получени от учениците в края на обучението (посттест).

Получените резултати са анализирани чрез непараметричния критерий на Уйлкоксън, който е избран поради факта, че при малки извадки е трудно да се докаже нормално разпределение на случайните величини. Формулирани са нулева хипотеза H_0 и алтернативна хипотеза H_1 :

H_0 – Между резултатите на учениците от второто измерване (посттест) и резултатите им от първото измерване (претест) не съществува статистически значима разлика по посока на тяхното повишаване.

H_1 – Между резултатите на учениците от второто измерване (посттест) и резултатите им от първото измерване (претест) съществува статистически значима разлика по посока на тяхното повишаване.

Ако се отхвърли нулевата хипотеза, това ще означава, че статистиче-

ски значима част от изследваните ученици са повишили своите резултати, т.е. че обучението е било ефективно.

Посоченият непараметричен критерий се прилага отделно за двете групи ученици. Следвайки посочения в литературата алгоритъм за прилагане на непараметричния критерий на Уйлкоксън [8, с. 211], за групата, изучаваща физика в професионалната гимназия, се получава за проверяващата величина $T = 75$. Тази стойност е по-ниска от табличната стойност $T_{0,05; 25} = 89$ при вероятност за грешка $\alpha = 0,05$ и двустранна постановка на теста (обемът на извадката е 25 ($n = 50-25$), намален с броя на случаите, при които няма разлика във входните и изходните резултати). За групата ученици, изучаващи физика в ЗИП, с хуманитарен профил на паралелката, се получава стойност на проверяващата величина $T = 0$, която е по-ниска от табличната стойност $T_{0,05; 14} = 21$, при вероятност за грешка $\alpha = 0,05$ и обем на извадката $n = 14$ (намален с броя на случаите, при които няма разлика във входните и изходните резултати).

Следователно и в двата случая имаме основание да отхвърлим нулевата хипотеза и да приемем алтернативната, а именно, че между резултатите на учениците от посттеста и резултатите от претеста съществува статистически значима разлика по посока на тяхното повишаване.

В заключение може да се подчертае, че резултатите от включеното наблюдение, количественият и качественият анализ на данните от тестовата проверка, както и разговорите с ученици, учители и експерти позволяват да направим извода, че проведенният дидактически експеримент, който се отнася за първия модул от разработената учебна програма „Увод в екологията“, показва усвояване на екологични знания от учениците, свързани с важната роля на физичните екологични фактори и тяхната им връзка с живите организми.

Дидактическият експеримент, свързан с усвояването на новото учебно съдържание (Модул II) е проведен при следните условия. Двете изследвани групи ученици изучават физика в задължително-избираема подготовка (ЗИП) в 11. клас, изучават едно и също учебно съдържание, методиката на провеждане на занятията е еднаква, учителят е един и същ. Тези групи се различават по профила на паралелката. Едната паралелка (18 изследвани ученика) е с природо-математически профил, а другата (21 изследвани ученика) е непрофилирана.

В началото са сравнени резултатите от входните тестове на учениците от двете паралелки чрез непараметричния критерий на Ман–Уитни. Формулирана е нулева и алтернативна хипотеза:

H_0 : Двете извадки принадлежат на една и съща генерална съвкупност;

H_1 : Двете извадки принадлежат на различни генерални съвкупности.

Следвайки посочения в литературата алгоритъм за прилагане на непараметричния критерий на Ман–Уитни[8, с. 194] за проверяващата величина получаваме стойност $U = 113$. За нормираната стойност на пресметнатата величина получаваме $|u| = 2,14$. Тя е по-малка от табличната стойност $u_\alpha = 2,58$ при двустранна постановка на теста и вероятност за грешка $\alpha = 0,01$ [8, с.198]. Следователно нямаме основание да приемем алтернативната хипотеза. Това означава, че между резултатите от входните тестове на двете изследвани групи ученици няма статистически значима разлика.

При сравнението на изходните резултати на същите групи ученици с непараметричния критерий на Ман–Уитни се получава за проверяващата величина стойност $U = 98$. Нормираната стойност на пресметнатата величина е $|u| = 2,56$, която е по-малка от табличната стойност $u_\alpha = 2,58$ при двустранна постановка и вероятност за грешка $\alpha = 0,01$. Следователно и в този случай не можем да отхвърлим нулевата хипотеза, т. е. между резултатите на учениците от непрофилираната и профилираната паралелки в края на обучението не съществува статистически значима разлика. Получените резултати от сравнението на входните и изходните постижения на учениците в двете групи дават основание те да бъдат обединени в една обща група ($n = 39$).

Основната хипотеза на изследването[2] предполага да се провери дали съществува статистически значима разлика между резултатите от предварителното оценяване на входните знания и умения на учениците (претест) и резултатите получени от учениците в края на обучението (посттест).

Получените резултати са анализирани като се използва непараметричния критерий на Уйлкоксън, който е избран поради факта, че при малки извадки е трудно да се докаже нормално разпределение на случайните величини. Формулирани са нулева хипотеза H_0 и алтернативна хипотеза H_1 :

H_0 : Между резултатите на учениците от второто измерване (посттест) и резултатите им от първото измерване (претест) не съществува статистически значима разлика по посока на тяхното повишаване.

H_1 : Между резултатите на учениците от второто измерване (посттест) и резултатите им от първото измерване (претест) съществува статистически значима разлика по посока на тяхното повишаване.

Ако се отхвърли нулевата хипотеза, това ще означава, че статистиче-

ски значима част от изследваните ученици са повишили своите резултати, т.е. че обучението е било ефективно.

Следвайки описания в литературата алгоритъм за приложение на непараметричния критерий на Уйлкоксън [8, с. 211], получаваме стойност на проверяващата величина $T = 1,5$. При по-големи извадки ($n > 25$) пресметнатата величина се нормира по формулата

$$u = \frac{T - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}}.$$

След нормирането на пресметнатата величина T получаваме стойност $|u| = 5,35$, което е значително по-високо от табличната стойност $u_{\alpha} = 1,96$ при двустранна постановка на теста и вероятност за грешка $\alpha = 0,05$. Обемът на извадката е $n = 38$. Това ни дава основание да отхвърлим нулевата хипотеза H_0 и да приемем алтернативната H_1 , което означава, че между резултатите на учениците от посттеста и претеста съществува статистически значима разлика по посока на тяхното повишаване.

От получените резултати може да се направи извод, че подбраното учебно съдържание по физика с екологична насоченост се усвоява в голяма степен от учениците. Този учебен материал е подходящ и достъпен за изучаване в избираемата подготовка по физика в 11. клас, както в профилирани паралелки, така и в непрофилирани паралелки.

Резултатите от наблюдението, количественият и качественият анализ на данните от тестовата проверка позволяват да направим извода, че проведенният дидактически експеримент, който се отнася за втория модул от учебната програма „Физични замърсители на околната среда. Методи за контрол“, показва усвояване на екологични знания от учениците, свързани с физичните фактори на околната среда (шум, ултразвук, инфразвук, вибрации, електромагнитно поле) и тяхното неблагоприятно въздействие върху човека.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получените резултати от дидактическите експерименти, свързани с първия модул „Увод в екологията“ и втория модул „Физични замърсители на околната среда. Методи за контрол“ на новия курс по физика в 11. клас и резултатите от апробирането на третия модул „Физика и медицина“

показват, че прилагането на екологичен подход при разработване на програма и учебно съдържание на курс за избираема подготовка по физика в 11.–12. клас „ Физични проблеми в екологията“ позволява усвояване на екологични знания от учениците в учебно-възпитателния процес в училище. Обучението по този курс може да се реализира както в непрофилирани паралелки, така и в паралелки с профил – хуманитарен и природо-математически, а също така и в професионални гимназии. Курсът може да бъде препоръчан за използване и в групи по свободно-избираема подготовка в 11. и 12. клас. Това ще подпомогне учителите по физика, тъй като липсват учебни програми и учебно съдържание за свободно-избираема подготовка по физика в тези класове, които да са утвърдени от МОН.

Избираемата подготовка по физика предлага широки възможности за разширяване, допълване и задълбочаване на екологичните знания на учениците чрез обучението по физика. Използването на екологичен подход в ЗИП и СИП по физика в 11. клас, интегрирането на екологичните знания със знанията им по физика и биология би повишило интереса на учениците към глобалните екологични проблеми, би съдействало за по-активното им участие в учебно-възпитателния процес. Усвояването на екологични знания от учениците при изучаване на курса „Физични проблеми в екологията“ е пряко свързано с актуалните екологични проблеми на нашата съвременност, физичното замърсяване на околната среда, физичните методи и уреди, които се използват в медицинската диагностика и терапия.

В тази връзка е целесъобразно бъдещата работа по екологично образование и възпитание на учениците чрез обучението по физика да се разширява и да обхваща и други направления, в които се осъществява взаимодействието между екологията и физиката: физични методи и уреди за изследване на биосистемите, физични закони при разпространението на химичните замърсители, технически съоръжения за почистване на средата, физични методи и уреди за въздействие върху биосистемите и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костова, З. Изграждане на екологично съзнание у учениците. София, 1988.
2. Димитрова, В., А. Петкова. Годишник на СУ, **96**, 2004, 147.
3. Байков, Б. Екология за всеки. София, 2000.
4. Тодоров, В. Медицинска физика. София, 1995.
5. Кэмпбелл, Д. Модели експериментов в социалната психология и прикладни изследвания. Москва, 1996.
6. Бижков, Г., В. Краевски. Методология и методи на педагогическите изследвания. София–Москва, 1999.
7. Бижков, Г. Теория и методика на дидактическите тестове. София, 1996.
8. Клаус, Г., Х. Ебнер. Основи на статистиката за психолози, социолози и педагози. София, 1971.
9. Стоименова, Е. Измерителни качества на тестовете. София, 2000.

Постъпила декември 2006 г.

Веселина Димитрова
Софийски университет „Св. Климент Охридски“
Физически факултет
Катедра „Методика на обучението по физика“
Бул. „Дж. Баучър“ 5
1164 София
тел. 62-56-884
E-mail: veselina@phys.uni-sofia-bg