



СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ”
ФИЗИЧЕСКИ ФАКУЛТЕТ
КАТЕДРА МЕТОДИКА НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд

Създаване и използване на информационни
системи за екипно решаване на проблеми в
обучението по физика

Фабиен Теофанис Кунис

за присъждане на образователна и научна степен „доктор”
област на висше образование: Педагогически науки
професионално направление: Педагогика на обучението по...
докторска програма: Методика на обучението по физика

Научен ръководител: доц.д-р Мая Гайдарова

Научен консултант: гл. ас. Ивелина Коцева

СОФИЯ 2023

Дисертационният труд е структуриран в увод, три глави, заключение, приноси, публикации във връзка с дисертацията, библиография и пет приложения. Дисертацията се състои от 192 страници, от тях 173 страници са основен текст. Цитирани са 197 източника, от които 179 на английски език и 18 на български език. Дисертацията съдържа 10 таблици и 45 фигури.

Основните резултати от дисертационния труд са публикувани в 7 авторски публикации и са докладвани в 18 доклада на международни и национални конференции.

Съдържание

Увод: Въведение и актуалност на проблема

1. Въведение
2. Изследователски цели и задачи
3. Обект, предмет и обхват на изследването
4. Хипотеза и метод на изследването

Първа глава: Екипно решаване на проблеми

- 1.1 Развитие на идеята за екипна дейност
- 1.2 Уменията на 21-ви век
- 1.3 Дефиниране на уменията за екипна работа
- 1.4 Дефиниране на уменията за решаване на проблеми
- 1.5 Дефиниране на компетентността за екипно решаване на проблеми и сравнение между съществуващите основни рамки
- 1.6 Решаването на проблеми в PISA 2012 и българското участие
- 1.7 Съвместното решаване на проблеми в PISA 2015 и българското участие

Втора глава: Информационната система за екипно решаване на проблеми

- 2.1 Ролята на информационните и комуникационните технологии в образованието
- 2.2 Компютърните симулации в обучението
- 2.3 Симулиране на природни процеси и явления чрез числени методи
- 2.4 Симулиране на природни процеси и явления чрез клетъчни автомати
- 2.5 Дизайн на информационната система
- 2.6 Кодирание на уменията за решаване на проблеми
- 2.7 Кодирание на уменията за решаване на проблеми в екип

Трета глава: Изследователска част, анализ на данните от изследването и резултати

- 3.1 Изследователски цели и задачи на изследването
- 3.2 Описание на условията на изследването – участници, място, време, период, подход при разделянето на групите, валидност
- 3.3 Анализ на данните от изследването и резултати

Изводи

Заклучение

Приноси

Публикации във връзка с дисертацията

Библиография

Въведение

Образованието е един от ключовите стълбове на всяко съвременно и проспериращо общество. То има отговорната задача да подготви учениците за тяхната реализация в обществения и стопанския живот на дадената страна и в света като цяло. Поради своята консервативност образователните системи се придържат към традициите, които имат в обучението. Ние живеем в бързо променящ се свят. Технологичният прогрес води до нови проблеми, които променят драстично обществения и стопанския живот. Кризата с коронавируса показва, че все още човешката цивилизация е много крехка и са възможни драматични промени, които да предизвикат немислими до този момент последствия. Хората се сблъскват с нови, нерешавани досега проблеми, за които училищната система трябва адекватно да ги подготвя. Това налага гъвкаво съчетаване на консервативните методи на обучение с нови такива, които да отговарят на съвременните изисквания и потребности на обществото ни.

Още от началото на 21-ви век има силни аргументи за необходимостта от промяна на образователните системи. Образователните системи трябва да бъдат по-модерни и по-гъвкави, за да могат да подготвят успешно учениците за изискванията на 21-ви век (Kozma, 2009). Поради нарастващата необходимост от промяна в образователните системи ключови световни организации като ЮНЕСКО към ООН, Европейският съюз, програмата PISA към ОИСР и др. препоръчват в много по-голяма степен да бъдат отразени новите умения и компетентности, които са необходими на днешните ученици, в съответните национални образователни програми. Основните компетентности, които са необходими на учениците за тяхното успешно интегриране в обществото и за тяхната успешна професионална реализация, са критично мислене, творчество, умения за сътрудничество и комуникация. Уменията на 21-ви век са критично мислене, комуникационни умения, творчество, решаване на проблеми, сътрудничество, информационна грамотност, технологични умения и дигитална грамотност, медийна грамотност, глобална осведоменост, социални умения, научна грамотност, гражданска грамотност, социална отговорност, иновационни умения (Ananiadou, Claro, 2009; Larson, Miller, 2011). В образователните рамки и документи на Европейския съюз освен горепосочените умения и компетентности се посочват самостоятелно учене, ефективното комуникиране на майчин и на чужд език, инициативност и разбиране на културните различия. Освен това в европейските документи за образование изрично се споменават предметите математика и наука (физика, химия и биология) като ключови за успешното изграждане на личността на европейските ученици.

Една от първите глобални инициативи в тази насока е проектът „Преподаване и оценяване на уменията на 21-ви век“ (ATC21S) (Griffin, McGaw, Care, 2011). Конструирана от коалиция от глобални компании и подкрепена от активното участие на

шест държави по време на проучвателната фаза, чиято основна цел е да се отговори на въпроса какви да бъдат новите изисквания към днешните ученици, за да могат да отговорят успешно на бъдещите изисквания относно техните умения и компетентности. Един от изводите, които се прави е, че е необходима образователна реформа, в която внедряването на ИКТ и на така наречените умения на 21-ви век да заемат централно място.

Налице са няколко рамки и структури, направени от различни организации, които се стремят да дадат общата идея и структура за преминаването на днешните образователни системи към модерни системи, които да подготвят днешното поколение за предизвикателствата на 21-ви век. Нека само да споменем някои от тях. Това са ATC21S, LMTF, ERI-NET, NEQMAP, DeSeCo, PISA и др.

Съвместното решаване на проблеми и задачи беше избрано от Организацията за икономическо сътрудничество и развитие (ОИСР) като нова компетентност, която беше изследвана в международното изследване на PISA през 2015 г. Има множество причини съвместното решаване на проблеми да бъде на фокус. Международните проучвания посочват, че съвместното решаване на проблеми е ключова компетентност за успешното интегриране на подрастващите в обществото и в работната среда. Също така се смята, че голяма част от планирането, решаването на проблеми, вземането на решения ще се осъществява от и чрез екипи и екипна работа (National Research Council, 2011). Затова ключов въпрос пред научната и образователната общност е успешното интегриране в днешните образователни системи на груповото и проектно базираното обучение и преподаването и оценяването на работата в екип и съвместното решаване на проблеми като част от интегрираната система от умения и на 21-ви век.

Внедряването и прилагането на новите компетентности са важни за българската образователна среда. Доказателство са сравнително ниските резултати, които постигат българските ученици по време на изследванията на PISA. Например през 2012 на изследването на PISA по модула решаване на проблеми (problem solving) от 43 страни-участници българските ученици са на 42 място (PISA 2012 Results), а през 2015 на изследването на PISA по модула съвместно решаване на проблеми (collaborative problem solving) от 51 страни-участници българските ученици са на 40 място (PISA 2015 Results). Посочените примери показват, че са необходими сериозни промени в българската учебна среда, които да доведат до качествено подобряване на уменията и компетентностите на 21-ви век.

Изследователски цели и задачи

Целта на дисертационния труд и на изследването е да се разработи концепция, инструменти и модели за формиране на умения на учениците за работа в екип в обучението по физика и астрономия в прогимназиален и гимназиален етап и за формиране на ключовата компетентност съвместно решаване на проблеми в учебна среда. Тази учебна среда може да бъде присъствена или онлайн среда на обучение.

Изследователските задачи, които си поставя този дисертационен труд във връзка с поставените цели, са следните.

1. Описване на добрите международни практики при внедряването на новите умения и компетентности, дефинирани в рамките на уменията и

- компетентностите на 21-ви век и в частност на компетентността екипно решаване на проблеми.
2. Проучване на добрите възможни практики и методологии, които биха дали добри резултати при тяхното реално внедряване в българска училищна среда.
 3. Подбиране на модели и практики, които в най-голяма степен отговорят на нуждите на българското образование.
 4. Създаване на теоретичен модел със съответната методика и инструментариум, който да бъде реално приложен в обучението по физика.
 5. Създаване на информационна система за обучение на компетентността екипно решаване на физични проблеми на базата на създадената методология.
 6. Практическо изследване и прилагане на разработените теоретични модели, методики, техники и информационни среди, което включва:
 - 6.1. определяне на нивото на компетентност за съвместно решаване на проблеми на избрана извадка на ученици от прогимназиален и гимназиален етап;
 - 6.2. прилагане на модела за развиване на умения за работа в екип;
 - 6.3. анализ на ефективността на модела по отношение на формиране на умения за работа в екип по определените критерии.
 7. Анализиране и интерпретация на резултатите. Ревизиране на теоретичния модел и информационната система, ако е необходимо.
 8. Предлагање на работещ модел за внедряване на компетентността съвместно решаване на проблеми и задачи в училищния курс по физика и астрономия в българската образователна система.

Обект, предмет и обхват на изследването

Обект на изследването са ученици от гимназиален и прогимназиален етап, които се обучават по предвидената от МОН учебна програма по физика и астрономия в общообразователна подготовка.

Предметът на изследването е умението на учениците да решават физични проблеми в екип. Екипното решаване на проблеми или още ще го наричаме съвместно решаване на проблеми е умение, което дефинираме като *способността на индивида да участва ефективно в процес, при който двама или повече участника се опитват да решат определен проблем като споделят разбирането и усилията, които са необходими, за да се реши проблема и като обединяват техните знания, умения и усилия, за да достигнат до решението на проблема* (PISA 2015 collaborative problem-solving framework). Съвместното решаване на проблеми и задачи е разгледано като продукт от уменията - решаване на проблеми и работа в екип. Решаването на проблеми е разгледано като състоящо се от четири процеса. Това са изследване и разбиране, представяне и формулиране, планиране и изпълнение и мониторинг и обратна връзка. Работата в екип е разделена на три основни процеса. Това са установяване и поддържане на споделено разбиране, предприемане на подходящи действия за решаване

на проблема и установяване и поддържане на организацията на екипа. При кръстосването на тези процеси, получаваме съответните подумения, които изграждат компетентността съвместно решаване на проблеми. Тези подумения ще бъдат дефинирани и изследвани в настоящия дисертационен труд.

Работата върху изследването и написването на дисертационния труд се проведе през учебните години от 2020 до 2022 година. Поради възникването на коронавирус в този период изследванията в училищната среда се проведеха в присъствена и в онлайн среда, тоест през този период имахме хибриден модел на обучение. Училището, в което се проведе изследването, е 125. СУ „Боян Пенев“ в град София.

Хипотеза и методи на изследването

Основната хипотеза на изследването е, че при подходящо избрана методология, която да бъде внедрена в обучението по физика и астрономия, може да се постигне значимо подобрене на уменията на учениците за решаване на проблеми в екип. За целта ще се използва избрана концепция за съвместно решаване на проблеми, която ще бъде подробно описана в нашата работа.

Основните методи, които ще се използват за педагогическото изследване са стратифицирана извадка и квази-експериментален модел с контролна група.

Участниците в изследването са ученици от прогимназиален и гимназиален етап в столичното 125. СУ „Боян Пенев“. В училището се обучават осем паралелки в седми клас. Шест от паралелките са езикови, а две от паралелките са математически паралелки. На случаен принцип ще бъдат избрани три от езиковите паралелки и една от математическите паралелки да участват в изследваната група и съответно другите три езикови паралелки и другата математическа паралелка ще бъдат в контролната група. В осми, девети и десети клас в изследването са включени по две паралелки на клас, тоест общо шест класа. Като за всеки клас имаме една хуманитарна и една математическа паралелка. Всеки един клас е разделен на две групи. Едната група попада в контролната група, а другата – в изследваната група.

Квази-експериментален метод с контролна група ще бъде осъществен за провеждането на педагогическия експеримент (Харалампиев, 2012) за установяване на нивото на компетентността екипно решаване на проблеми и за установяване на разликите в началната и крайната фаза на експеримента между двете групи.

Целевата група, която представлява класове в прогимназиален и гимназиален етап, ще бъде разделена в контролна и експериментална група. Самото разделяне ще се осъществи чрез стратифицирана извадка.

За осъществяването на изследователската задача ще бъде създадена информационна система, която да подпомогне развитието и подобряването на компетентностите на учениците както за решаване на проблеми, така и за екипно решаване на проблеми.

Първа глава: Екипно решаване на проблеми Развитие на идеята за екипна дейност

За екипната дейност в обучението се говори в методически план още в годините на създаване на методиките за обучение. Среща се и като групова дейност и има изследвания за нейната ефективност (Rottier, 1996, Тодорина, 1994). Обучението по групи е част от реформаторските идеи в образованието и възниква в началото на XX век. С идеите за груповото обучение се занимават педагогическата социология, теорията на груповите динамики и малките групи. В България за кооперативна работа между ученици в рамките на един час или съвместна дейност при организиране на различни познавателни дейности пише Бижков (Бижков, 1994).

Най-плодотворно развитие идеята за кооперативно (групово) обучение намира във Франция с идеите на Роже Кузине (Cousinet , 1950) като метод на свободната работа по групи, при който децата разпределят задълженията си, съгласуват действията си и накрая обсъждат резултатите.

Поставянето на ученика в центъра на обучението е хуманистичната идея за сътрудничество и взаимодействие. За това призовава и Жак Делор „Да се научим да живеем и работим заедно“ през 1996 г. (Делор, 1996).

Уменията на 21-ви век

Основната цел на образованието е да подготвя подрастващите поколения да се включат успешно в обществения и стопанския живот. Следователно основен двигател за необходимостта от промяна в образованието ще бъдат промени в обществения и стопанския живот. Около 65 процента от децата, които стъпват в първи клас, се очаква да заемат напълно нови работни места, които не съществуват към този момент (World Economic Forum, 2016).

Повечето концепции са съгласни, че уменията на 21-ви век включват уменията за решаване на проблеми, критично мислене, умения за работа в екип, ИКТ умения и креативност (Griffin, McGaw, Care, 2012; O'Neil et al., 2004; OECD, 2009; Trilling, Fadel, 2009).

В Австралия има създадена правителствена агенция с името “ACARA” (Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority), която отговаря за учебните програми, оценяването, анализирането и обратната връзка в образованието. През 2013 тази агенция определя седем ключови компетентности, които трябва да се развият у учениците през целия техен обучителен процес. Това са четивна грамотност, числова (математическа) грамотност, ИКТ умения, критично и креативно мислене, лична и социална отговорност, етично разбиране и поведение и межкултурна толерантност(ACARA, 2013).

Много от тези дейности са свързани пряко и с екипното решаване на проблеми.

Министерството на образованието на Сингапур е създадо програмна рамка за уменията и компетентностите на учениците за 21-ви век (Singapore Ministry of Education, 2015). Основната цел е учениците да бъдат уверени личности, да имат уменията за самостоятелно учене, да допринасят за общото благо и да са осъзнати граждани. За да са успешни учениците в глобализиращия се свят, те трябва да притежават уменията на 21-ви век. Тези умения са гражданска култура и поведение, глобална загриженост, межкултурна толерантност, критично и изобретателско мислене, ИКТ умения и комуникационни умения.

Партньорство за уменията на 21-ви век е програма създадена през 2002 г., която цели обединяване на усилията на бизнеса с образователните институции и управленските органи за подготвянето на американската образователна система към новите изисквания на 21-ви век (Trilling, Fadel, 2009). Самите умения са разделени на три големи групи. Едната група е информационни, комуникационни и технологични умения. Втората група са критично мислене, креативност, комуникационни умения, умения за работа в екип. И третата група умения са умения за живота и умения за работа (кариерно развитие).

Европейската рамка за ключовите компетентности и ученето през целия живот от 2006 г. и последващите редакции и допълнения са ключови документи, които определят общите принципи и ценности на обучението и образованието в Европейския съюз (European parliament, 2006; European council, 2018). Тя определя 8 ключови компетентности: езикова грамотност, многоезикова компетентност, математическа компетентност и компетентност в областта на точните науки, технологиите и инженерството, цифрова компетентност, личностна компетентност, социална компетентност и компетентност за придобиване на умения за учене, гражданска компетентност, предприемаческа компетентност и компетентност за културна осведоменост и изява.

Компетентностният подход също е залегнал в българското образование. Компетентностите са заложи в Закона за предучилищното и училищното образование (Закон за предучилищното и училищното образование) и също в няколко документа за прилагането на компетентностите в училищната среда (МОН, Компетентности и образование, За прехода от знания към умения, Компетентностите и референтните рамки, Практикум, Ключови компетентности в учебните предмети от системата на училищното образование). В закона са заложи девет ключови компетентности. Първите осем компетентности са директно транспонирани от Европейската рамка за ключовите компетентности и ученето през целия живот. Деветата компетентност е умения за подкрепа на устойчивото развитие и за здравословен начин на живот и спорт.

Дефиниране на уменията за екипна работа

Екипната работа в образователната система, особено в училищата, може да се определи като колективното усилие на група от индивиди, като ученици или учители, които работят заедно към обща цел или задача (Morgan, Salas, & Glickman, 1993; Wilczenski, Bontrager, Ventrone, & Correia, 2001). Това включва споделяне на идеи, ресурси и отговорности, за да се постигне желан резултат (Aronson et al., 1978). В училищата екипната работа може да се осъществи между ученици в групови проекти или между учители при планирането и изпълнението на уроци или учебни планове с цел по-добра и по-задълбочена интердисциплинарна връзка между отделните предмети (Dillenbourg, 1999). Екипната работа изисква ефективна комуникация, сътрудничество и уважение към приноса, уменията и перспективите на всеки участник. Чрез екипната работа, индивидуалните участници могат да развият важни социални и емоционални умения, като решаване на проблеми, лидерство и емпатия, и в същото време да постигат по-добри учебни резултати (Thompson, Wang, Gunia, 2010; Cohen, Lotan, Scarloss, Arellano, 1999; von Davier, Halpin, 2013; Woolley, Chabris, Pentland, Hashmi, Malone, 2010).

Дефиниране на уменията решаване на проблеми

Решаването на проблеми и задачи (на английски език Problem solving) е важно и търсено умение, както в образователната среда, така и в бизнес средата. И може би няма известна и призната програма и рамка за обучение на уменията на 21-ви век, която да не е включила решаването на проблеми като ключов приоритет. Решаването на проблеми изисква мисловни процеси, прилагане на план и стратегия на решението, което помага на учениците да развият своите когнитивни и метакогнитивни процеси (Garofalo & Lester, 1985). Според изследванията учениците, които имат високо владение на уменията за решаване на проблеми, са способни да правят качествен анализ на проблема, имат добри саморегулиращи се способности, разбират своите силни и слаби страни, могат да адаптират различни методи и стратегии за решаване на проблема и могат да правят интерпретация на проблема и на резултатите (Chi, Glaser, & Farr, 1988; Lester, 1994; Gerace, 2001).

Дефиниране на компетентността екипно решаване на проблеми и сравнение между съществуващите основни рамки

Екипното решаване на проблеми се превърна в съществена част от научната литература и изследвания, посветени на уменията на 21-ви век (Griffin, McGaw & Care, 2012). То подобрява развитието на когнитивните умения у ученика (Webb, Nemer, Chizhik, & Sugrue, 1998; Zhang, 1998). Екипното решаване на проблеми допринася за подобряване на уменията на учениците за тяхната отговорност и самоотчетност, за способността им да задават подходящи въпроси, да уточняват получените отговори, за способностите им за компромис и за вземане на колективни решения (Baghaei, Mitrović & Irwin, 2007, Soller 2001; Webb, 1998).

Рамката предложена от ATC21s дефинира уменията за екипно решаване на проблеми като умение, което се състои от социален аспект и когнитивен аспект (Hesse, Care, Buder, Sassenberg, Griffin, 2015).

На фигура 1. е представена компетентността решаване на проблеми в сътрудничество според PISA (PISA Framework, 2015). Тази компетентност е представена като матрица, която е продукт от двата вектора уменията за решаване на проблеми и компетентността за екипна работа. По този начин образува, матрицата се състои от 12 умения, които изграждат компетентността за решаване на проблеми в сътрудничество.

Рамката за оценяване на уменията на учениците за екипно решаване на проблеми от CRESST обединява в един общ модел, моделите за екипна работа и за решаването на проблеми (O'Neil, Chuang & Chung, 2004). Моделът за работа в екип се състои от шест умения. Това са адаптивност, координация, вземане на решения, лидерство, междуличностни и комуникационни умения (O'Neil, Chung & Brown, 1997).

	(1) Формиране и поддръжане на споделено разбиране за същността на проблема	(2) Предприемане на подходящи действия за решаване на проблема	(3) Организиране и поддръжане на екип
(А) Изследване и разбиране	(А1) Разбиране на представите и способностите на членовете на екипа	(А2) Разбиране на същността на сътрудничеството и формулиране на целите	(А3) Разбиране на ролята на всеки участник в екипа за решаване на проблема
(Б) Представяне и формулиране	(Б1) Формиране на споделено разбиране и обсъждане на същността на проблема	(Б2) Дефиниране и представяне на задачите, които следва да бъдат изпълнени	(Б3) Определяне на ролята на всеки участник в екипа и екипната организация (общуване/правила на участие)
(В) Планиране и изпълнение	(В1) Обсъждане с членовете на екипа какви действия следва да се предприемат за решаване на проблема	(В2) Предлагане на план за действие	(В3) Спазване на приетите правила за участие в екипа
(Г) Мониторинг и осмисляне	(Г1) Мониторинг и корекция на споделеното разбиране за същността на проблема	(Г2) Мониторинг на резултатите от предприетите действия и оценяване на постигнатия напредък при решаването на проблема	(Г3) Мониторинг, обратна връзка и промяна на организацията на екипа и ролите на участниците в него в съответствие с постигнатия напредък

Фиг. 1. Матрица на уменията, които формират съвместното решаване на проблеми.

Решаването на проблеми в PISA 2012 и българското участие

През 2012 се проведе международното изследване на PISA. В това изследване е бил включен за тестване и умението за решаване на проблеми. От участвалите страни българските ученици заемат предпоследно място, което показва сериозни проблеми в образователната ни система, свързани с овладяването на това основно умение за успешна реализация (PISA Results, 2012; ЦОПУО, 2013; Светла Петрова, 2014).

Съвместното решаване на проблеми в PISA 2015 и българското участие

През 2015 PISA включва компетентността съвместно решаване на проблеми в своята рамка за оценяване на постиженията на учениците. Българският резултат е отново слаб, българските ученици заемат 40-то място от 51 държави, участвали в изследването на компетентността съвместно решаване на проблеми (PISA Results, 2015; ЦОПУО, 2016; Светла Петрова, 2017).

Информационната система за екипно решаване на проблеми

Ролята на информационните и комуникационните технологии в образованието

Информационните и комуникационни технологии (ИКТ) оказват силно влияние върху образованието през последните няколко десетилетия. След коронавируса трудно можем да си представим образователния процес без използването на ИКТ. ИКТ оказват влияние върху учебните и образователни практики, като улесняват достъпа до образователни ресурси, подпомагат сътрудничеството и екипната работа и като цяло подобряват учебния процес. Нека да разгледаме някои ключови аспекти на ИКТ в образованието.

С помощта на ИКТ имаме подобрен достъп до образователни ресурси и услуги. ИКТ улесняват достъпа до образователни материали, като позволяват разработването и разпространението на цифрови ресурси като електронни книги, онлайн курсове и образователни уебсайтове (Bingimlas, 2009).

ИКТ инструменти като имейл, видеоконференции и социални медии улесняват учениците, учителите и родителите да комуникират и сътрудничат по образователни проекти, както в рамките на класната стая, така и извън нея (Hew, Brush, 2007).

ИКТ позволява използването на адаптивни системи и платформи за обучение, които предлагат персонализирани учебни методи, адаптирани към индивидуалните нужди на учениците, правейки образованието по-ефективно (Woolf, 2010).

ИКТ позволява използването на онлайн инструменти и методи за оценяване, които предоставят обратна връзка в реално време на учениците и учителите, подкрепяйки вземането на решения в класната стая, базирано на реални данни (Bennett, Ward, 2015).

ИКТ предоставя възможности за учителите да получават достъп до ресурси за професионално развитие и да си сътрудничат с учители от цял свят, което допринася за подобряване на учебния процес и учебните практики (Garet, 2001).

ИКТ направиха възможно дистанционното образование да бъде ефективно, позволявайки на учениците и студентите да участват в курсове и програми за получаване на степени от разстояние, което повишава достъпа до образование на учащи се в отдалечени или по-изостанали райони (Moore, Kearsley, 2011).

Компютърните симулации в обучението

Компютърните и интерактивните симулации могат да играят значителна роля в обучението, подобрявайки учебните преживявания, насърчавайки концептуално разбиране и стимулирайки критичното мислене. Различни проучвания подчертават ползите от използването на симулации в образованието (Smetana, Bell, 2012; Rutten, van Joolingen, van der Veen, 2012).

Симулациите могат да ангажират учениците, като предоставят интерактивни и динамични учебни преживявания. Те могат да помогнат за конкретизирането и визуализирането на абстрактни понятия, което мотивира учениците да изследват и да учат (Smetana, Bell, 2012).

Симулациите могат да помогнат на учениците да визуализират сложни концепции и процеси, които са трудни за разбиране чрез традиционни методи на обучение. Те могат

да предоставят динамични представяния на научни явления, правейки ги по-достъпни и разбираеми (Rutten, 2012).

Интерактивните симулации предоставят възможности на учениците да се ангажират с експериментиране и изследователско обучение (Inquiry-based learning). Те могат да променят променливи, да тестват хипотези и да наблюдават резултатите, което насърчава научното обосноваване и уменията за решаване на проблеми (Smetana, Bell, 2012).

Симулациите могат да предложат незабавна обратна връзка на учениците, позволявайки им да разберат последиците от действията си и да коригират стратегиите и плановете за решение на проблема. Това помага на учениците да се учат от грешките си и да развият по-дълбоко разбиране за концепциите и същността на проблема (Rutten, 2012).

Компютърните симулации могат да улесняват сътрудничеството между учениците, тъй като те могат да работят заедно, за да изследват, обсъждат и решават проблеми в рамките на симулираната среда. Това насърчава работата в екип, комуникацията и уменията за решаване на проблеми (Smetana, Bell, 2012).

Интерактивните симулации могат да се адаптират към различните нужди на учащите се, тъй като могат да предоставят различни нива на сложност, обратна връзка и насоки, което ги прави подходящи за ученици с различни стилове и способности за учене (Rutten, 2012).

Симулиране на природни процеси и явления чрез числени методи

В предишната част видяхме, че компютърните и интерактивните симулации могат да допринесат за подобряването на качеството на образователния процес. Ще разгледаме как може да симулираме природни процеси и явления с помощта на компютърните симулации. Ще разгледаме как една и съща система може да бъде симулирана с помощта на числено решаване на диференциалните уравнения, които описват нейната динамика, и как същата система може да бъде симулирана с помощта на клетъчните автомати.

Нека да се запознаем с модела на Лотка-Волтера, известен още като модел, описващ динамиката на популациите в системата хищник-жертва (Predator-Prey Model). Както показва самото име, този модел описва взаимодействието на два вида, като хищникът се храни с жертвата. Ще симулираме този модел с помощта на алгоритъма на Рунге-Кута от четвърти ред. Това е един от най-широко използваните методи за числено решаване на обикновени диференциални уравнения. Тази симулация е описана в статия (Kunis, Dimitrov, 2020).

Моделът на Лотка-Волтера (Lotka, 1910, Volterra, 1926) се основава на два вида, които си взаимодействат помежду си. Единият вид ще наричаме хищник, а другият вид жертва. Да въведем следните означения:

$$P(t) = \text{популация на хищниците}; p(t) = \text{популация на жертвите} \quad (1)$$

Целта ни е да опишем това взаимодействие. Затова ще въведем коефициент a като скоростта на промяна на броя на жертвите в отсъствие на хищници. Логично, при отсъствие на хищниците ще имаме експоненциално нарастване на жертвите:

$$\frac{dp}{dt} = ap, \Rightarrow p(t) = p(0)e^{at}. \quad (2)$$

При наличие на хищници експоненциалното нарастване не се осъществява, защото хищниците ще нападат толкова повече жертви, колкото по-голяма е тяхната популация. Затова за да отчетем това тяхно взаимодействие, трябва да присъстват и двата вида. Ще предположим най-простия случай на права пропорционалност от произведението на техния брой. Взаимодействие е пропорционално на:

$$bpP \quad (3)$$

Коефициентът b се интерпретира като параметър описващ взаимодействието между хищниците и жертвите, при което жертвите намаляват. Така стигаме до модела на изменение на жертвите, който отчита както раждаемостта на жертвите така и тяхното взаимодействие с хищниците:

$$\frac{dp}{dt} = ap - bpP \quad (4)$$

Ако продължим със същата логика, хищниците също би трябвало да се размножават и следователно да увеличават популацията си. Но хищниците се нуждаят от жертвите, за да могат да съществуват. Ако няма жертви, те ще започнат да се нападат, което пък ще доведе до увеличаване на смъртността, която ще обозначим с m :

$$\left. \frac{dP}{dt} \right|_{\text{конкуренция}} = -mP, \Rightarrow P(t) = P(0)e^{-mt} \quad (5)$$

Ако има жертви, които да им служат за храна, те ще си взаимодействат с тях с фактора bpP , което ще доведе до увеличаване на популацията на хищниците:

$$\frac{dP}{dt} = \epsilon bpP - mP \quad (6)$$

Тук ϵ е константа, която измерва ефективността, с която жертвите благоприятстват популацията на хищниците. Така стигаме до следните две уравнения на нашия модел:

$$\begin{aligned} \frac{dp}{dt} &= ap - bpP \\ \frac{dP}{dt} &= \epsilon bpP - mP \end{aligned} \quad (7)$$

Тези уравнения ще ги решим с метода на Рунге-Кута, като преди това ще ги запишем в стандартна форма:

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dt} &= f(y, t) \\ y_0 &= p & f_0 &= ay_0 - by_0y_1 \\ y_1 &= P & f_1 &= by_0y_1 - my_1 \end{aligned} \quad (8)$$

Методът Рунге-Кута се базира на формалния интеграл на диференциалното уравнение (Runge, 1895) (Kutta, 1901) :

$$\frac{dy(t)}{dt} = f(t, y) \Rightarrow y(t) = \int f(t, y) dt \Rightarrow y[n+1] = y[n] + \int_{t[n]}^{t[n+1]} f(t, y) dt \quad (9)$$

Приближението на метода се състои в развитие в ред на Тейлър на подинтегралната функция около средната точка на интеграционния интервал т.е. около точката

$$t[n+1/2] = (t[n] + t[n+1])/2 \quad (10)$$

$$f(t, y) \cong f(t[n+1/2], y[n+1/2]) + (t - t[n+1/2]) \frac{df}{dt} |_{t=t[n+1/2]} + O(h^2) \quad (11)$$

Ако интегрираме горното равенство в интервала $(t[n], t[n+1])$, вторият член в дясната част се нулира и ние получаваме алгоритъм от по-висок ред от този на Ойлер, въпреки че използваме същия брой членове:

$$\int_{t[n]}^{t[n+1]} f(t, y) dt \cong \int_{t[n]}^{t[n+1]} f(t[n+1/2], y[n+1/2]) dt \cong f(t[n+1/2], y[n+1/2]) h \quad (12)$$

$$y[n+1] \cong y[n] + hf(t[n+1/2], y[n+1/2]) \quad (13)$$

Така полученият алгоритъм не може да се използва веднага понеже изисква да знаем стойностите $y[n+1/2]$, които не могат да се определят от началното условие. Можем, обаче да използваме алгоритъма на Ойлер за да определим $y[n+1/2]$ от началните условия:

$$y[n+1/2] \cong y[n] + \frac{dy}{dt} \frac{h}{2} = y[n] + \frac{h}{2} f(t[n], y[n]) \quad (14)$$

Сега можем да обобщим алгоритъма на Рунге-Кута от втори ред както следва:

$$y[n+1] \cong y[n] + k_2 \quad (15)$$

$$k_2 = hf(t[n] + \frac{h}{2}, y[n] + \frac{k_1}{2}) \quad (16)$$

$$k_1 = hf(t[n], y[n]) \quad (17)$$

Сега ще дадем алгоритъма на метода на Рунге-Кута от четвърти ред . Функцията $f(t,y)$ се апроксимира от 4 градиентни (к) члена близо до средната точка, които се определят само от 4 операции (Press, 1992):

$$y[n + 1] = y[n] + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \quad (18)$$

$$k_1 = hf(t[n], y[n]), \quad (19)$$

$$k_2 = hf\left(t[n] + \frac{h}{2}, y[n] + \frac{k_1}{2}\right), \quad (20)$$

$$k_3 = hf\left(t[n] + \frac{h}{2}, y[n] + \frac{k_2}{2}\right), \quad (21)$$

$$k_4 = hf(t[n] + h, y[n] + k_3) \quad (22)$$

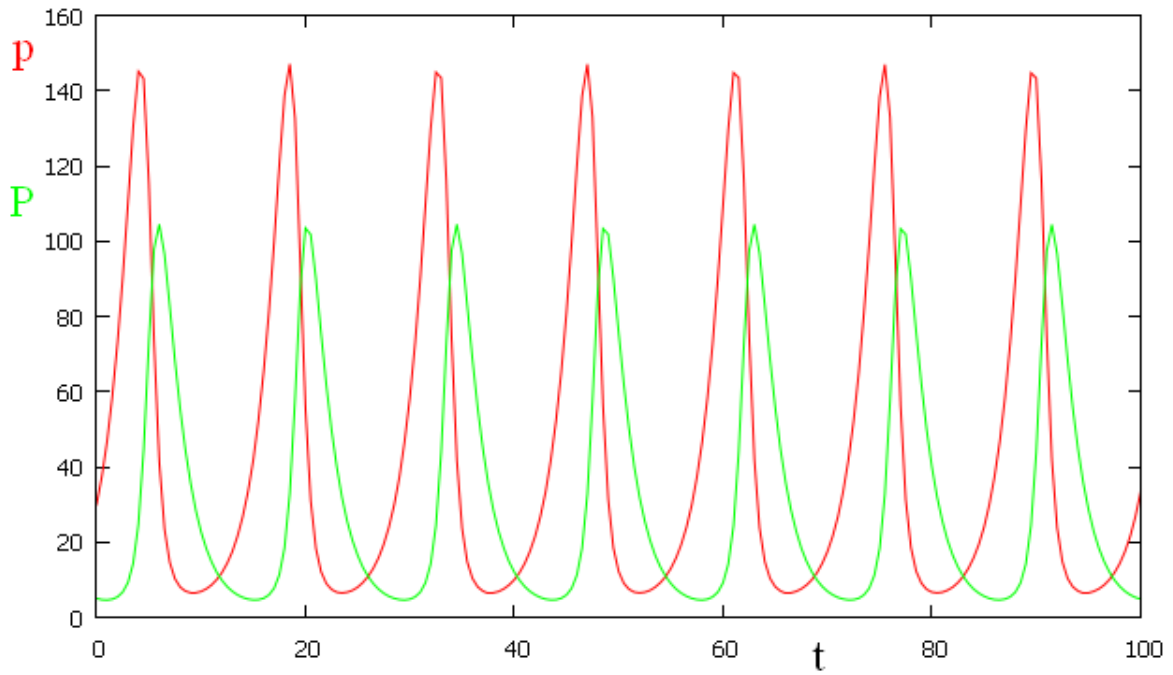
Ще симулираме модела на Лотка-Волтера като използваме метода на Рунге-Кута от четвърти ред. Работната програма, написана на програмния език Java, е представена на фигура 2. На фигура 3. двете популации са представени заедно за сравнение. На фигура 4. е представена графика на фазовия портрет на популацията на хищниците към популацията на жертвите. Нека сега да анализираме резултатите. В началото популацията на жертвите ще расте много бързо (почти експоненциално), докато броят на хищниците е сравнително малък. След като броя на хищниците нарасне започва рязко намаляване на броя на жертвите. Подобно е поведението и при хищниците. При наличие на голям брой жертви те започват рязко да се увеличават. Но при отсъствие на жертви популацията им ще се стопи поради глад или в резултат на тяхното самоунищожение. Вероятността за взаимодействие, тоест хищникът да срещне жертва, е пропорционална на произведението на техните популации, тоест колкото е по-голям броят на един от видовете, толкова е по-голяма вероятността да се осъществи среща и след това взаимодействие между тях. Всяко изменение на броя на жертвите влияе на броя на хищниците и обратното. Двете популации осцилират и се развиват циклично. Ако популацията на жертвите се увеличава, то вероятността да срещне хищник нараства. А това води до увеличаване на популацията на хищниците. Но увеличената популация на хищниците води до намаляване на популацията на жертвите. Това, от своя страна води до намаляване на броя на хищниците, което пък повишава броя на жертвите и т.н.

```

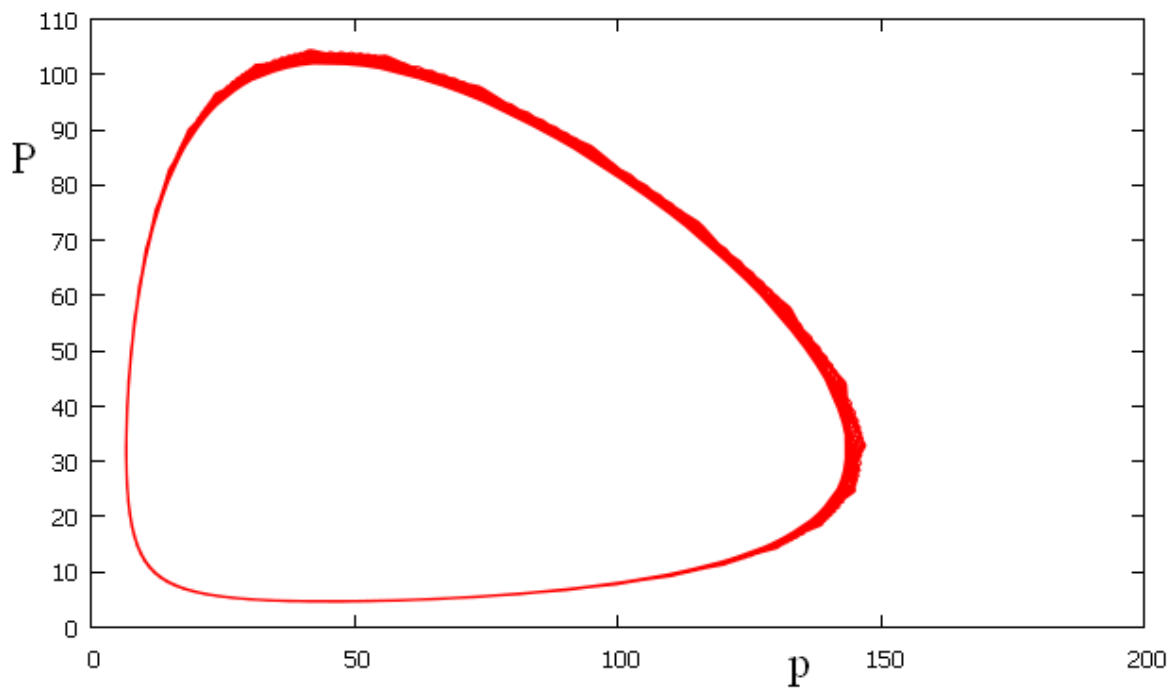
1  /*
2   Programa za reshavane na modela na Lotka-Volterra
3   s izpolzovane na metoda na Runge-Kuta ot 4-ti red.
4   Koeficientite sa :
5   a=0.523598776, b=0.016362462, m=0.523598776, epsilon=0.711111
6   Nachalnite uslovia sa:
7   p=30, P=5.
8   */
9
10 import java.io.*;
11
12 public class PredatorPrey {
13
14     public static void main(String[] argv) throws IOException, FileNotFoundException {
15         // zapisvane na informaciata v otdelni fajlove
16         PrintWriter w = new PrintWriter(new FileOutputStream("Pp30.dat"), true);
17         PrintWriter q = new PrintWriter(new FileOutputStream("Pp31.dat"), true);
18         PrintWriter l = new PrintWriter(new FileOutputStream("Pp32.dat"), true);
19
20         // deklarirane i inicializirane na parametrite za reshavaneto na RK4
21         double h, t, Tmin = 0.0, Tmax = 500.0;
22         double y[] = new double[2];
23         int Ntimes=1000;
24
25         // Inicializirane na nachalnite uslovia
26         y[0]=30.0; y[1] = 5.0;
27
28         // Inicializirane na stapkata i vremeto
29         h = (Tmax-Tmin)/Ntimes;
30         t = Tmin;
31
32         //Zapisvane na informacijata
33         for (t = Tmin; t <= Tmax; t += h) {
34             System.out.println(" t=" +t+ " , x= "+y[0]+", v= "+y[1]); //printout
35             w.println(" "+t + " " +y[0]+ " "); //output to files
36             q.println(" "+t + " " +y[1]+ " ");
37             l.println(" "+y[0] + " " +y[1]+ " ");
38             rk4(t, y, h, 2);
39         }
40         System.out.println("Done.");
41     }
42
43     // metod na RK4
44     public static void rk4(double t, double y[], double h, int Neqs) {
45         int i;
46         double F[] = new double[Neqs]; double ydumb[] = new double[Neqs];
47         double k1[] = new double[Neqs]; double k2[] = new double[Neqs];
48         double k3[] = new double[Neqs]; double k4[] = new double[Neqs];
49         f(t, y, F);
50         for (i=0; i<Neqs; i++){ k1[i] = h*F[i]; ydumb[i] = y[i] + k1[i]/2;}
51         f(t + h/2, ydumb, F);
52         for (i=0; i<Neqs; i++) { k2[i] = h*F[i]; ydumb[i] = y[i] + k2[i]/2;}
53         f(t + h/2, ydumb, F);
54         for (i=0; i<Neqs; i++) { k3[i]= h*F[i]; ydumb[i] = y[i] + k3[i];}
55         f(t + h, ydumb, F);
56         for (i=0; i<Neqs; i++) {
57             k4[i] = h*F[i]; y[i] = y[i] + (k1[i] + 2*(k2[i]+k3[i]) + k4[i])/6;}
58         }
59
60     // Model na Lotka-Volterra
61     public static void f(double t, double y[], double F[]) {
62
63         F[0] = 0.523598776*y[0]-0.016362462*y[0]*y[1]; // uravnenie za gertvite
64         F[1] =-0.523598776*y[1]+0.011635528*y[0]*y[1]; // uravnenie za histhnicite
65
66     }
67
68 }

```

Фигура 2. Програма за решавање на модела на Лотка-Волтера, напишана на Јава.



Фигура 3. Брой на жертвите (в червено) и на хищниците (в зелено) като функция на времето от модела на Лотка-Волтера.



Фигура 4. Фазов портрет на броя на хищниците срещу броя на жертвите от модела на Лотка-Волтера.

Симулиране на природни процеси и явления чрез клетъчни автомати

Клетъчният автомат е модел, състоящ се от правоъгълна решетка(grid) от клетки, като всяка клетка може да има краен брой състояния, например– жива или мъртва (Shiffman, 2012). За всяка клетка се определя съседство или околност. Съседството определя дадената клетка с колко други клетки ще взаимодейства. Съседството може да се направи по много начини, но обикновено съседите на клетката са нейните съседни клетки.

В началния момент на всяка клетка се присвоява начално състояние, като това може да се направи на случаен избор. Всички клетки и техните състояния в даден момент t се наричат поколение в момента t . Следващото поколение се създава чрез изпълнение на конкретен набор от правила. Тези правила определят новото състояние на всяка клетка в зависимост от текущото ѝ състояние и състоянията на нейните съседни клетки. Като изпълняваме многократно тези правила, то на всяка итерация ще получим развитието на системата. По този начин можем да проследим как ще еволюира дадена система.

Нека да започнем с конструирането на клетъчния автомат, който ще симулира модела на Лотка-Волтера. Ще имаме квадратна решетка, която ще се състои от 100 на 100 клетки. Този избор на размера е добър, понеже съдържа 10000 клетки, което ни дава от една страна достатъчен брой клетки от статистическа гледна точка, а от друга страна достатъчно голям избор на различни конфигурации. Множеството на състоянията на клетките ще има три състояния. Това ще са околна среда или още ще наричаме тези клетки празни (в нашата симулация ще ги оцветим с черен цвят), жертви (ще ги оцветим в син цвят) и хищници (ще ги оцветим в жълт цвят). Сега трябва да изберем съседството. Съседството тип Мур ни дава по-големи възможности и по-голяма гъвкавост, затова ще изберем него.

Нека сега да дефинираме правилата, които според нас ще симулират точно системата. Тъй като броят на състоянията е три, ще разгледаме трите случая. Когато активната клетка е празна, когато е жертва и когато е хищник.

Когато активната клетка е хищник:

- Хищникът живее (клетката остава жълта), ако има жертва около него.
- Хищникът умира (клетката става черна), ако няма жертви около него.

Когато активната клетка е жертва:

- Жертвата живее (клетката остава синя), ако няма хищници около нея.
- Жертвата умира (клетката става черна), ако има достатъчно на брой хищници около нея.
- Ако има прекалено много хищници около жертвата, то тогава жертвата умира и на нейно място се ражда хищник (клетката става жълта).
- Ако броят на хищниците е по-голям от нула и по-малък от 5, то тогава жертвата остава жива.
- Ако броят на хищниците е равен или по-голям от пет, то тогава жертвата умира и на нейно място се ражда хищник.
- Ако броят на съседните жертви е по-голям от 7, то жертвата умира (клетката става черна).

Последното се прави, за да се ограничи възможната популация на жертвите. Понеже не е реално една популация да се разширява неограничено.

Когато активната клетка е празна (околна среда):

- Празната клетка се превръща в жертва (клетката става синя), ако броят на съседните жертви е по-голям от броя на съседните хищници.
- Празната клетка се превръща в хищник (клетката става жълта), ако броят на съседните хищници е по-голям от броя на съседните жертви.
- Ако броят на съседните хищници е равен на броя на съседните жертви, то клетката остава празна (черна).

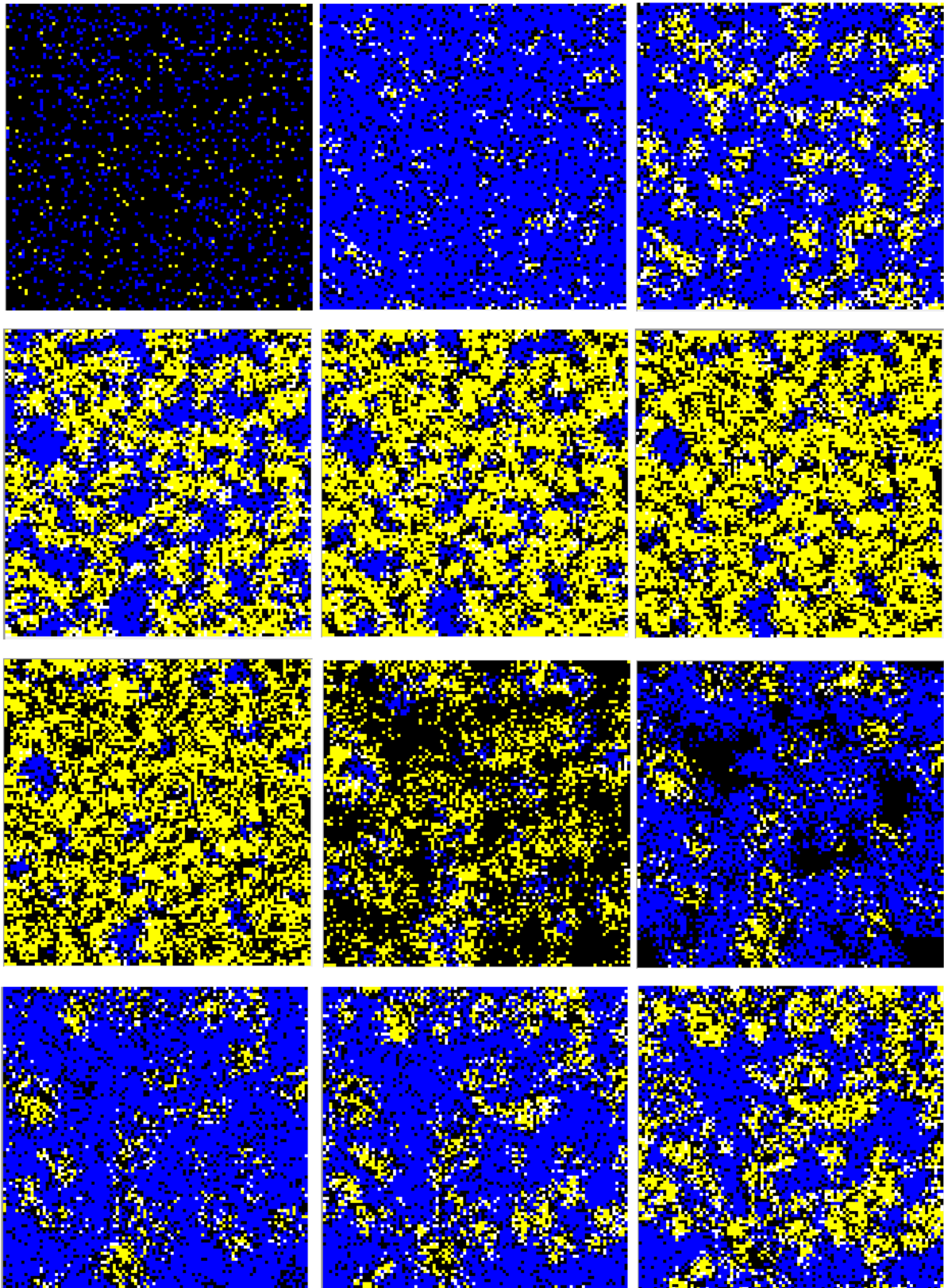
На фигура 5. е представено кодирането на правилата на еволюция на околната среда, хищниците и жертвите. Да разгледаме резултатите от изпълнението на програмата. На фигура 6. е показана симулацията в различни времеви моменти от 0 до 220 през 20 времеви стъпки. На фигура 7. са показани популациите на жертвите и хищниците като функция на времето.

```

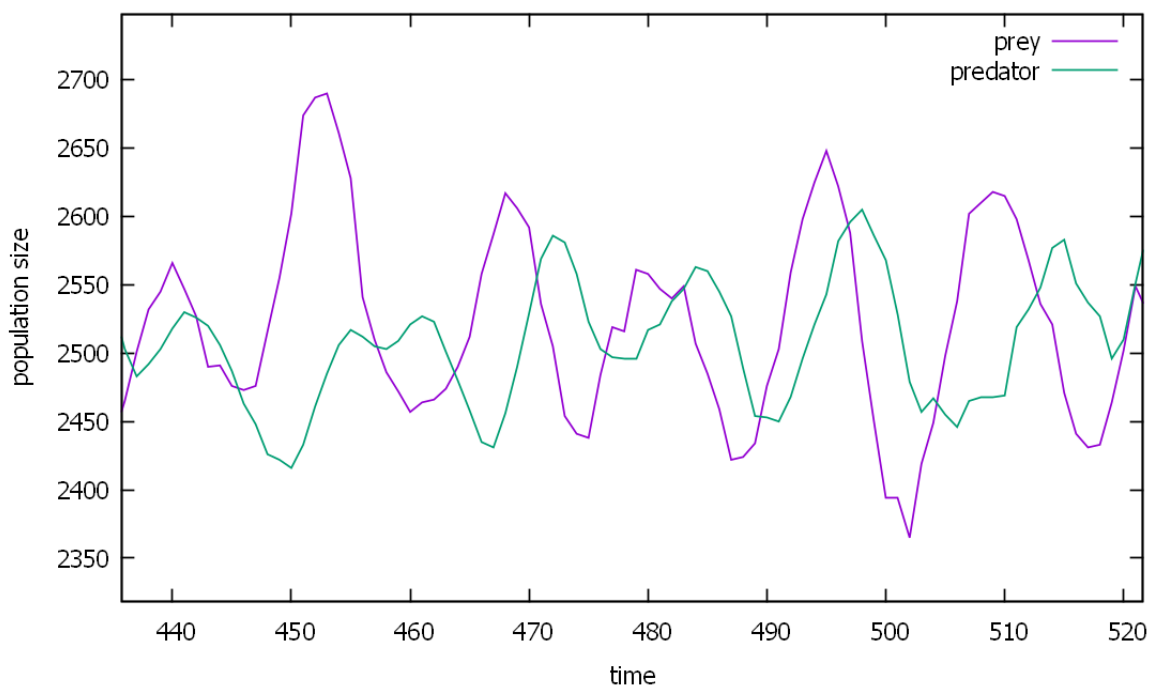
56 // Start simulation
57 for (int gen = 1; gen <= genCount; gen++) {
58     int [][] nextGrid = new int[n][n];
59
60     // Calculate next generation
61     for (int i = 0; i < n; i++) {
62         for (int j = 0; j < n; j++) {
63
64             int preyNeighbours = countPreyNeighbours(i,j);
65             int predatorNeighbours = countPredatorNeighbours(i,j);
66
67             // Rules for empty cell
68             if (grid[i][j] == 0) {
69
70                 if (preyNeighbours > 0) {
71                     if (predatorNeighbours > preyNeighbours) {
72                         nextGrid[i][j] = 2;
73                         predatorStats[gen]++;
74                     }
75                     else if (preyNeighbours > predatorNeighbours) {
76                         nextGrid[i][j] = 1;
77                         preyStats[gen]++;
78                     }
79                 }
80             } else {
81                 nextGrid[i][j] = 0;
82             }
83         }
84     }
85
86     // Rules for prey
87     else if (grid[i][j] == 1) {
88         int Rand = rand.nextInt(100);
89
90         if (preyNeighbours > 3){
91             nextGrid[i][j] = 0;
92         }
93         else{
94             if (predatorNeighbours > 0 && Rand < 100){
95                 nextGrid[i][j] = 2;
96                 predatorStats[gen]++;
97             }
98             else{
99                 nextGrid[i][j] = 1;
100                 preyStats[gen]++;
101             }
102         }
103     }
104
105     // Rules for predator
106     else if (grid[i][j] == 2) {
107         if (preyNeighbours < predatorNeighbours + 1){
108             nextGrid[i][j] = 0;
109         }
110         else{
111             nextGrid[i][j] = 2;
112             predatorStats[gen]++;
113         }
114     }

```

Фигура 5. Кодиране на правилата за празни клетки, хищници и жертви.



Фигура 6. Симулиране на модела на Лотка-Волтера с клетъчен автомат в съответните времеви моменти $t = 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220$.

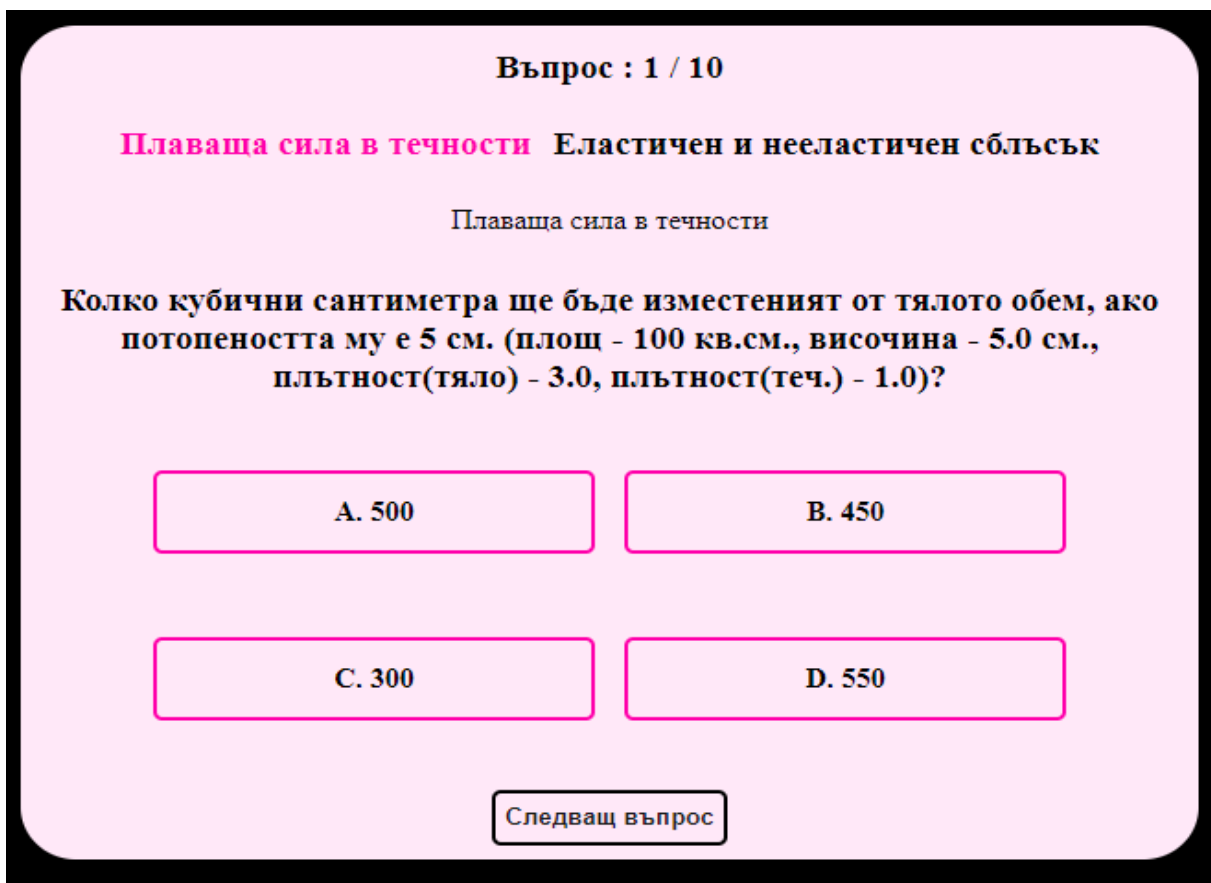


Фигура 7. Брой на жертвите (в лилав цвят) и на хищниците (в зелен цвят) като функция на времето от симулацията на модела на Лотка-Волтера с клетъчен автомат.

Дизайн на информационната система

В тази част ще разгледаме направената от нас информационна система. Нашата информационна система е създадена да може да работи в различни режими. Тези режими са подобряване и оценяване на компетентността за решаване на проблеми, подобряване и оценяване на компетентността за съвместно решаване на проблеми. Тези компетентности ние ги разглеждаме поставени във физичен контекст. Но самата система позволява да се внедри във всякакъв контекст, например природни науки, математика, хуманитарни науки, обществени науки и т.н. Нашата система може да работи и в тестов режим. Системата ни позволява да се тестват компетентностите решаване на проблеми и съвместно решаване на проблеми, но освен това могат да се тестват и компетентности по природни науки, математика, хуманитарни и обществени науки и т.н. Едно от предимствата на системата ни е нейната способност да се адаптира и персонализира в хода на изпълнение на задачите от ученика.

Системата ни представлява уеб приложение, което може да работи в онлайн и в офлайн режим. Не е нужен постоянен достъп до интернет, за да може ученикът да работи със системата. Front-end интерфейсът е написан на HTML, CSS и JavaScript. На фиг. 8 е показана системата в тестов режим.



Фигура 8. Скриншот на информационната система в тестов режим.

Стремежът ни е бил нашата електронна система в режим оценяване да отговаря на следните изисквания (Buzzetto-More, 2009):

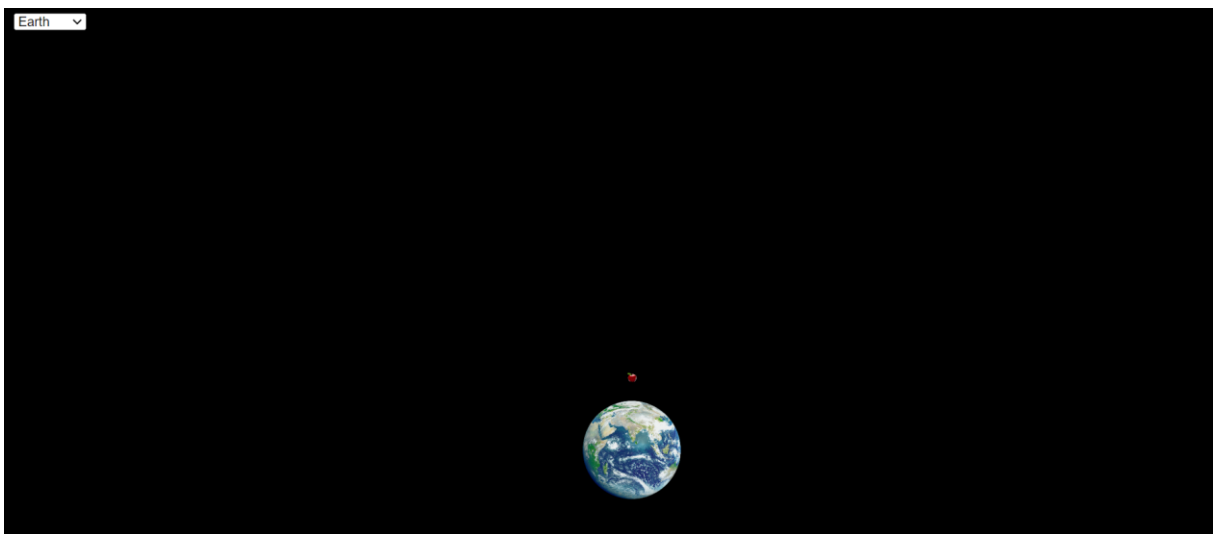
- надеждност: системата да осигури справедливо , точно и коректно оценяване, като получената оценка максимално близко да отразява реалните ученически знания и компетентности.
- валидност: системата и тестовете трябва да бъдат достатъчно прецизни и да мерят това, което се иска от тях, тоест те трябва да оценяват знанията, уменията и способностите, за които тестът е създаден и претендира да оценява.
- полезност: системата предоставя обратна връзка, която помага за подобряване на обучението и обучителния процес. Това може да включва незабавна обратна връзка за учениците и подробни анализи за учителите.
- безопасност: системата трябва да защитава конфиденциалността на учениците и да предотвратява опити за измами.

Нашата система най-често използва следните типове въпроси: въпроси с избираем отговор, въпроси с кратък отговор и въпроси с разширен отговор.

Кодиране на уменията за решаване на проблеми

На фигури 9. и 10. са показани скрийншотовете на внедрените от нас интерактивни симулации, чрез които може да се развиват и оценяват уменията за решаване на

проблеми от учениците. На фигура 9. е показана интерактивната задача, при която една ябълка пада на различните планети от Слънчевата система. Задачата е комплексна и изисква от учениците да проявят творческо мислене и креативност. За да се реши задачата, учениците трябва да достигнат до извода, че самата информационна система не им дава необходимите инструменти за достигане на цялостното решение. В този случай те трябва да използват външно мобилно устройство, с което да извършват част от измерванията. След като бъдат направени измерванията, учениците ще установят, че определени стойности са прекалено малки, за да могат да бъдат анализирани без допълнителен софтуер. Без използването на този допълнителен софтуер част от експериментите са практически невъзможни за анализирание. След използването на допълнителния софтуер учениците имат възможността да приложат успешно физичните формули за намирането на отделните физични величини, които се търсят.



Фигура 9. Скриншот на задачата „Падаща ябълка“.

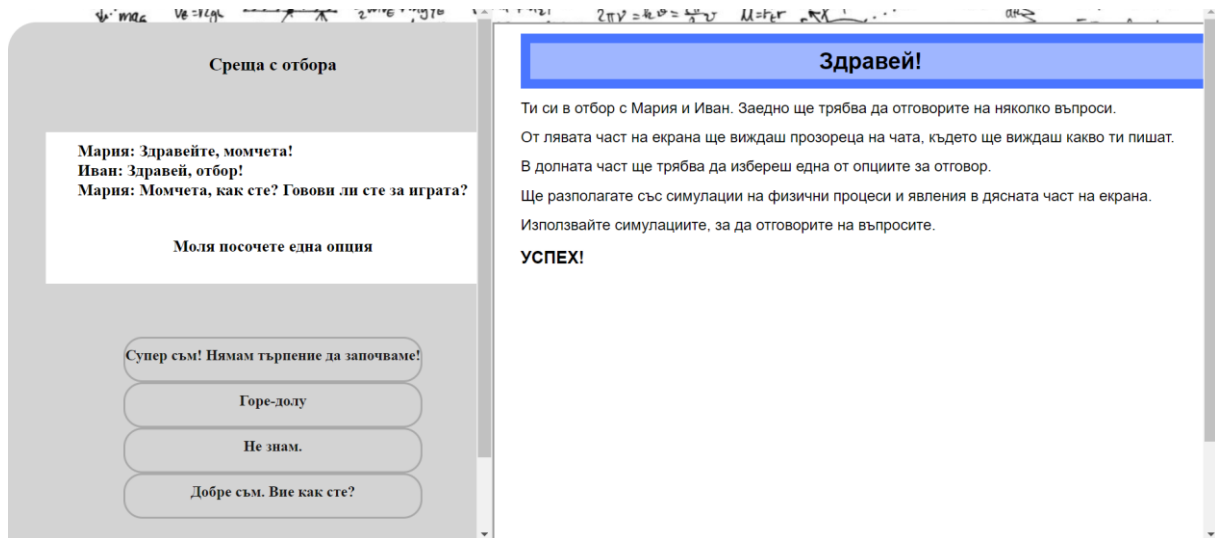
Кодиране на уменията за решаване на проблеми в екип

Нашата система позволява да се дават упражнения за екипно решаване на проблеми. Учениците могат да бъдат разделени на малки екипи и да им бъде дадена определена физична задача. Тогава те ще трябва да работят заедно за дефинирането на проблема, определянето на стратегията, изпълнението на отделните подзадачи и контролът и обратната връзка. Това отразява екипните практики в индустрията и изисква от участниците ефективно да комуникират, да управляват времето и задачите си и да сътрудничат за решаване на възникващите проблеми. Екипната работа е показала, че подобрява качеството на решението и уменията на съответните лица (Salleh, 2011).

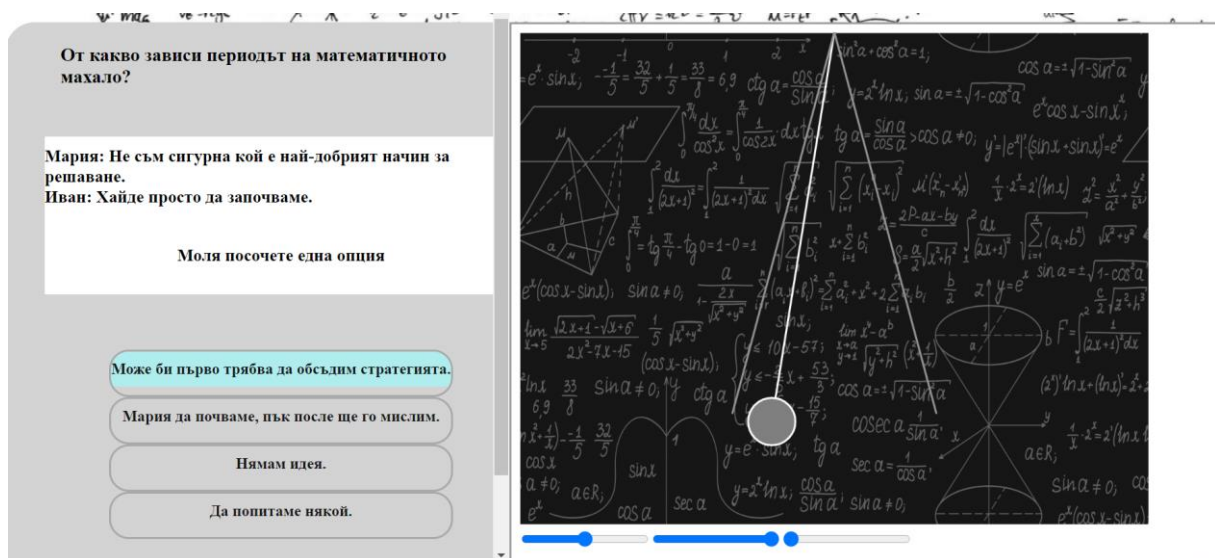
На фигура 10. е показан скрийншот от началния екран. В тази част ученикът трябва да се запознае със самата система и да се ориентира. В десния панел има кратко обяснение на задачите. В левия панел ученикът се запознава с отбора и се тества неговото умение да стартира успешна комуникация.

На фигура 11. ученикът получава първия въпрос от какво зависи периодът на математическото махало. В десния панел ученикът вижда интерактивна симулация на математическо махало. Ученикът трябва сам да се запознае и да се ориентира в

симулацията. В същото време в левия панел компютърните агенти започват диалог и ученикът трябва да вземе отношение като предложи обсъждането на първоначална стратегия с отбора.

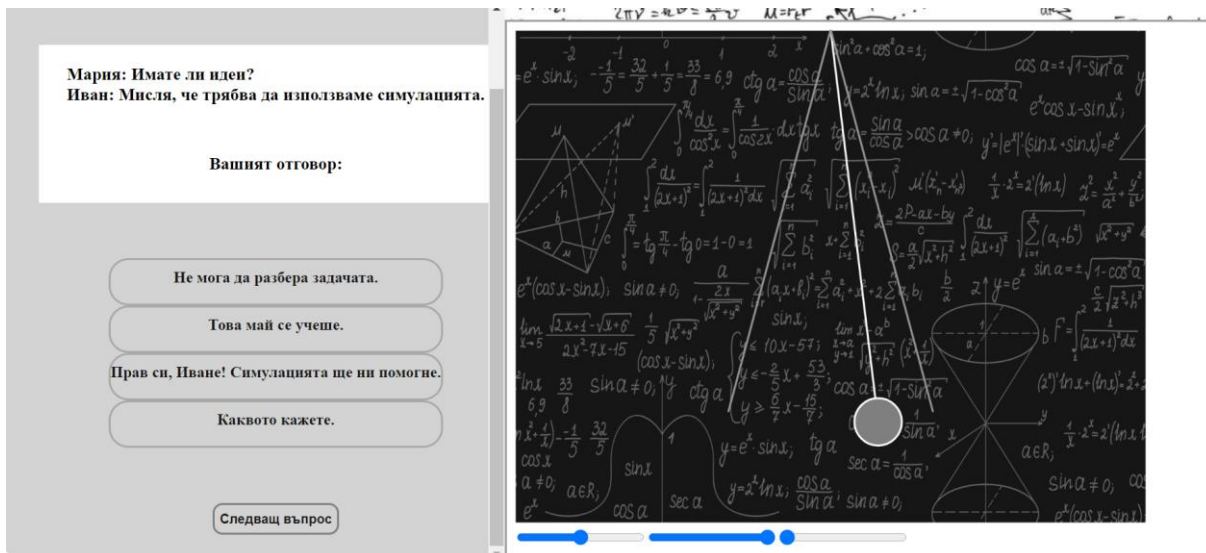


Фигура 10. Скриншот на задача от екипно решаване на проблеми част 1.



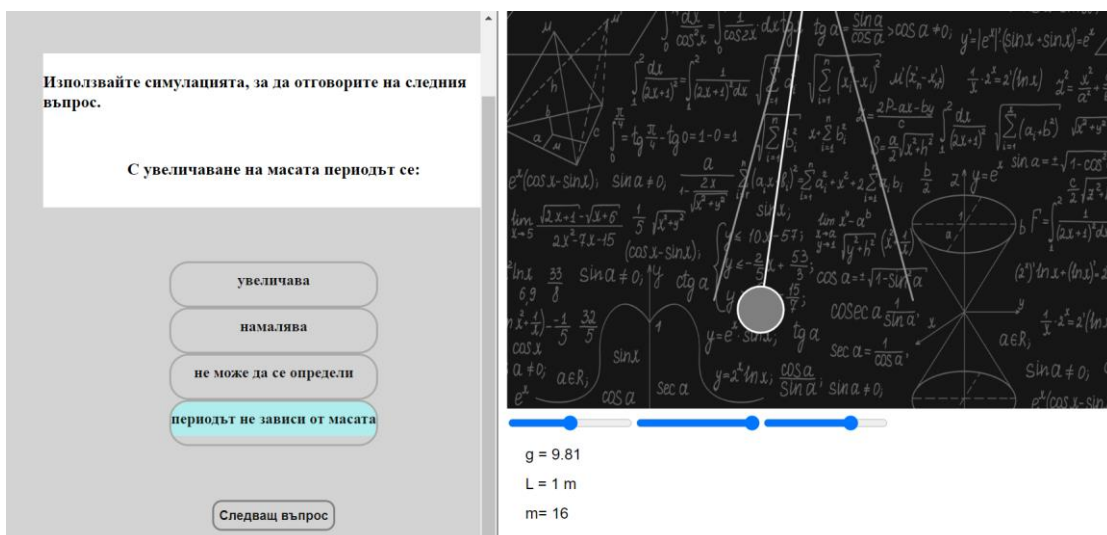
Фигура 11. Скриншот на задача от екипно решаване на проблеми част 2.

На фигура 12. компютърните агенти Иван и Мария обсъждат изготвянето на план, който да доведе до решението на проблема. Ученикът трябва да избере една от четирите опции, при която смята, че ще бъде най-полезна за евентуалното достигане до изготвянето на правилен план за решение на задачата.



Фигура 12. Скриншот на задача от екипно решаване на проблеми част 3.

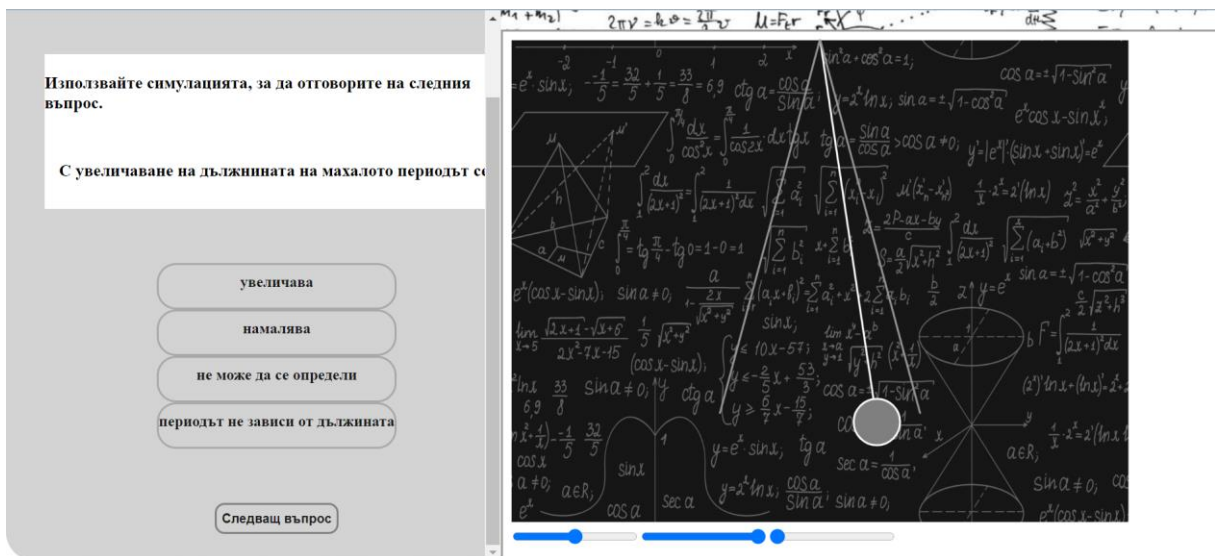
На фигура 13. е поставена конкретна задача на ученика, с която се цели да се тестват неговите умения за решаване на проблеми. Ученикът трябва да отговори на въпроса с увеличаване на масата на топчето дали и как се променя периодът на математическото махало. За да реши правилно задачата, ученикът трябва първо да се ориентира кой бутон за какво служи. След като е определил това, той или тя трябва да променя само масата на математическото махало, а другите параметри да не се променят. По този начин ученикът може да достигне до правилния извод, че масата не влияе на периода на математическо махало.



Фигура 13. Скриншот на задача от екипно решаване на проблеми част 4.

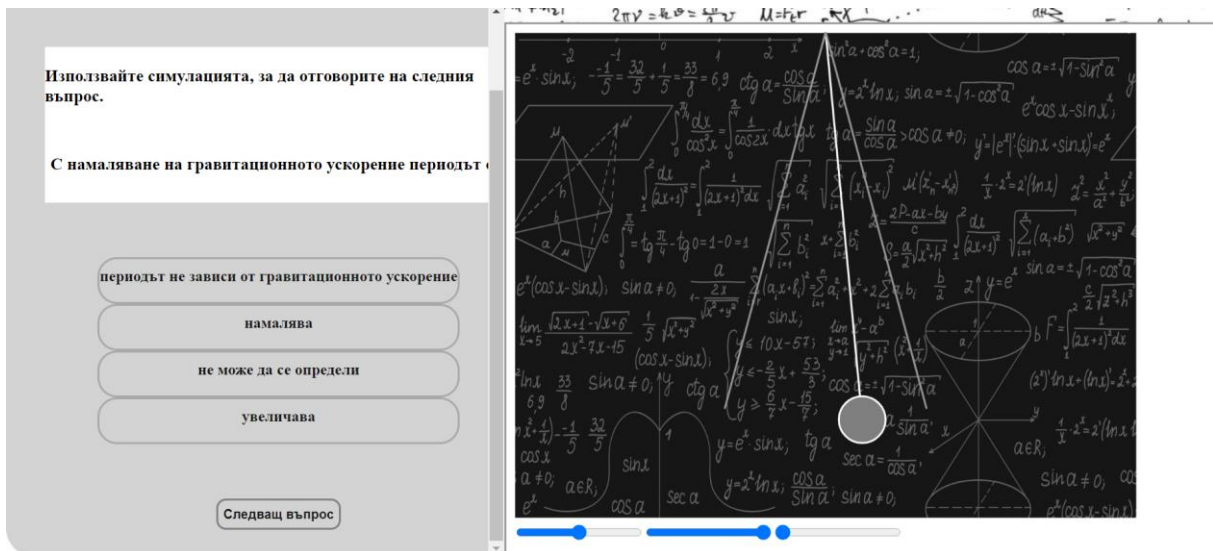
На фигура 14. е поставена друга задача на ученика, с която отново се цели да се тестват умения му за решаване на проблеми. Ученикът трябва да отговори на въпроса с увеличаване на дължината на махалото дали и как се променя периодът на математическото махало. За да реши правилно задачата, ученикът трябва първо да се ориентира кой бутон за какво служи. Това се предполага ученикът вече да го знае, ако е

работил правилно в предишната задача. След като е определил това, той или тя трябва да променя само дължината на математическото махало, а другите параметри да не се променят. По този начин ученикът може да достигне до правилния извод, че с увеличаване на дължината на математическото махало периодът нараства. Тук не е необходимо ученикът да знае формулата за период и дължина на математическо махало. За ученици с повишен интерес към математиката и природните науки може да се постави въпросът да се опитат да изведат тази формула или ако е знаят да я съпоставят с експерименталните данни от симулацията.



Фигура 14. Скриншот на задача от екипно решаване на проблеми част 5.

На фигура 15 е поставена още една задача на ученика, с която отново се тестват умения му за решаване на проблеми. Ученикът трябва да отговори на въпроса с намаляване на гравитационното ускорение дали и как се променя периодът на математическото махало. За да реши правилно задачата, ученикът трябва първо да се ориентира кой бутон за какво служи. Това се предполага ученикът вече да го знае, ако е работил правилно в предишните две задачи. След като е определил това, той или тя трябва да променя само големината на гравитационното ускорение, а другите параметри да не се променят. По този начин ученикът може да достигне до правилния извод, че с увеличаване на големината на гравитационното ускорение периодът намалява. Тук не е необходимо ученикът да знае формулата за период, дължина на математическо махало и гравитационно ускорение. За ученици с повишен интерес към математиката и природните науки може да се постави въпросът да се опитат да изведат тази формула или ако е знаят да я съпоставят с експерименталните данни от симулацията.



Фигура 15. Скриншот на задача от екипно решаване на проблеми част 6.

Трета глава: Изследователска част

Изследователски цели и задачи на изследването

Целта на дисертационния труд е да се разработи концепция, инструменти и модели за формиране на умения от учениците за работа в екип в обучението по физика и астрономия в прогимназиален и гимназиален етап. Тази концепция да бъде внедрена в реална училищна практика. Да бъде извършен експеримент, който да позволи събирането на данни, от които да се направят съответните изводи.

Задачите, които трябва да бъдат изпълнени с цел успешно завършване на проекта, са.

1. Избиране на методология за тестване и установяване на нивото на придобитите знания и умения в областта на съвместното решаване на проблеми.
2. Избиране на методология, която да бъде приложена на изследваната група ученици, с цел подобряване на техните умения за съвместно решаване на проблеми.
3. Избиране на методика и методология на изследването и на събирането на резултатите с цел да се получат представителни резултати
4. Тестване на учениците от контролната и изследваната група на нивото на техните знания и умения по съвместно решаване на проблеми с методологията от точка 1.
5. Обучение на учениците от изследваната група с методологията от точка 2.
6. След приключване на обучението тестване на учениците от контролната и изследваната група на нивото на техните знания и умения по съвместно решаване на проблеми с методологията от точка 1.
7. Анализ на данните и на резултатите.

Описание на условията на изследването – участници, място, време, период, подход при разделянето на групите, валидност

След като проучихме световния опит в областите уменията на 21-ви век, решаване на проблеми и екипно решаване на проблеми, трябваше да се спрем на методология, върху която да стъпим при изграждането на информационната система за екипно решаване на проблеми. На задълбочен анализ бяха подложени три платформи. Това са CRESST, PISA, ATC21S. Избрахме методологията на PISA, заради улесненото оценяване, възможността за автоматизиране на процеса и по-голямата обективност на оценяването.

След като избрахме методологията, започнахме да изработваме информационната система за екипно решаване на проблеми. Самата информационна система е подробно описана във втора глава. Системата се състои от два основни модула. Това са модул за решаване на проблеми чрез интерактивна симулация на даден физичен процес или явление и модул за екипна работа, който представлява виртуален час с компютърни агенти. Чрез нашата информационна система ние тестваме дванадесет компоненти, които изграждат компетентността екипно решаване на проблеми. Тези компоненти са:

- спазване на приетите правила за участие в екипа;
- обсъждане с членовете на екипа какви действия следва да се предприемат за решаване на проблема;
- разбиране на представите и способностите на членовете на екипа;
- разбиране на ролята на всеки участник в екипа за решаване на проблема;
- формиране на споделено разбиране и обсъждане на същността на проблема;
- дефиниране и представяне на задачите, които следва да бъдат изпълнени;
- определяне на ролята на всеки участник в екипа и екипната организация (общуване/правила на участие);
- разбиране на същността на сътрудничеството и формулиране на целите;
- предлагане на план за действие;
- мониторинг, обратна връзка и промяна на организацията на екипа и ролите на участниците в него в съответствие с постигнатия напредък;
- мониторинг на резултатите от предприетите действия и оценяване на постигнатия напредък при решаването на проблема;
- мониторинг и корекция на споделеното разбиране за същността на проблема.

Вторият етап беше да се внедри методологията и информационната система за екипно решаване на проблеми в екип в училищна среда. Нашата система я внедрихме в образователните часове по физика и астрономия за седми, осми, девети и десети клас. Училището, което избрахме е 125. СУ „Боян Пенев“ в град София. Учениците, от които формирахме стратифицираната извадка, бяха от седми до десети клас. Основният метод в нашето проучване е дидактически експеримент с контролна и експериментална група.

Броят на учениците в експерименталната група беше 132, от които 63 момичета и 69 момчета. Броят на учениците в контролната група беше 154, от които 71 момичета и 83 момчета.

Преди да започне обучението на експерименталната група с информационната система, двете групи (контролна и експериментална) бяха тествани с тест за установяване на входното ниво на компетентността за екипно решаване на проблеми. Тестът беше проведен с помощта на разработената от нас информационна система с описаната от нас методология.

Експерименталната група беше обучена с информационната ни система в часовете по физика и астрономия, информационни технологии и извънкласни дейности в периода от ноември 2021 до април 2022. В класовете седми и осми бяха проведени пет обучения в присъствена форма и три обучения в онлайн среда. В девети и десети клас четири обучения бяха проведени в присъствена форма и четири в онлайн среда. След приключването на обучението контролната и експерименталната група бяха тествани за установяване на изходното им равнище по компетентността екипно решаване на проблеми чрез нашата информационна система.

Анализ на данните от изследването и резултати

Ще въведем следните означения за по-голяма прегледност на таблиците.

A1 или A1: Разбиране на представите и способностите на членовете на екипа

A2 или A2: Разбиране на същността на сътрудничеството и формулиране на целите

A3 или A3: Разбиране на ролята на всеки участник в екипа за решаване на проблема

B1 или B1: Формиране на споделено разбиране и обсъждане на същността на проблема

B2 или B2: Дефиниране и представяне на задачите, които следва да бъдат изпълнени

B3 или B3: Определяне на ролята на всеки участник в екипа и екипната организация

V1 или C1: Обсъждане с членовете на екипа какви действия следва да се предприемат за решаване на проблема

V2 или C2: Предлагане на план за действие

V3 или C3: Спазване на приетите правила за участие в екипа

G1 или D1: Мониторинг и корекция на споделеното разбиране за същността на проблема

G2 или D2: Мониторинг на резултатите от предприетите действия и оценяване на постигнатия напредък при решаването на проблема

G3 или D3: Мониторинг, обратна връзка и промяна на организацията на екипа и ролите на участниците в него в съответствие с постигнатия напредък

ЕРП или CPS: Оценка на компетентността за екипно решаване на проблеми от 0 до 100.

На фигура 16. е показана дескриптивна статистика от началния тест за изследване на компетентността за екипно решаване на проблеми на контролната група.

Средното аритметично на оценките е около 50, което показва, че учениците варират широко по отношение на уменията, като някои се справят много добре (оценки, които са по-близо до 100), а други - не толкова добре (оценки, които са по-близо до 0). Оценките за всяко умение са разпръснати, както показват стандартните отклонения и коефициентите на вариация, което предполага разнообразна група ученици по отношение на резултатите от тези умения. Уменията B1, B2 и B3 са тези, при които учениците имат повече трудности, тъй като средните им стойности са най-ниските. Това са формиране на споделено разбиране и обсъждане на същността на проблема, дефиниране и представяне на задачите, които следва да бъдат изпълнени и определяне на ролята на всеки участник в екипа и екипната организация. Най-високите средни стойности са A1, A2 и C1, което показва, че учениците като цяло са по-добри в тези умения. Тези умения са разбиране на представите и способностите на членовете на

екипа, разбиране на същността на сътрудничеството и формулиране на целите и обсъждане с членовете на екипа какви действия следва да се предприемат за решаване на проблема. Стандартните отклонения показват, че има значително разнообразие в резултатите на учениците за всички умения. Вариацията е особено висока за уменията A1, A2, C1 и D1. Диапазоните показват, че за всички умения някои ученици са постигнали много ниски резултати, докато други са постигнали много високи. Това е особено изявено за уменията A1, A2 и D1.

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	CPS
Valid	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154
Mode	51.374	56.554	55.659	26.519	26.328	40.731	66.114	45.365	38.091	44.862	33.742	52.479	14.342
Median	54.030	53.225	46.898	30.938	34.603	42.582	56.319	47.654	44.945	47.855	45.681	44.732	47.725
Mean	54.071	53.757	47.624	30.340	34.680	43.071	56.043	47.057	45.467	46.099	44.512	43.168	45.491
Std. Error of Mean	1.385	1.423	1.378	0.905	0.961	1.151	1.482	1.259	1.213	1.484	1.291	1.239	1.151
95% CI Mean Upper	56.785	56.546	50.325	32.112	36.562	45.328	58.947	49.523	47.845	49.006	47.043	45.596	47.748
95% CI Mean Lower	51.356	50.968	44.923	28.567	32.797	40.815	53.139	44.590	43.089	43.191	41.981	40.741	43.234
Std. Deviation	17.189	17.658	17.101	11.225	11.920	14.288	18.388	15.618	15.056	18.410	16.024	15.370	14.290
95% CI Std. Dev. Upper	19.423	20.105	19.277	12.635	13.415	16.309	20.587	17.635	17.086	21.033	18.047	17.369	15.880
95% CI Std. Dev. Lower	14.802	15.111	14.765	9.655	10.391	12.250	15.759	13.320	12.730	15.598	13.671	13.202	12.573
Coefficient of variation	0.318	0.328	0.359	0.370	0.344	0.332	0.328	0.332	0.331	0.399	0.360	0.356	0.314
95% CI Variance Upper	377.250	404.222	371.601	159.652	179.952	265.978	423.834	311.004	291.923	442.371	325.699	301.666	252.181
95% CI Variance Lower	219.100	228.333	218.016	93.212	107.980	150.056	248.337	177.412	162.041	243.283	186.907	174.284	158.076
Range	97.665	100.000	94.826	61.197	72.967	86.090	92.654	89.289	88.880	98.987	93.169	83.578	69.736
Minimum	2.335	0.000	3.092	2.720	0.000	3.703	7.346	6.186	2.930	1.013	0.913	0.000	14.342
Maximum	100.000	100.000	97.919	63.917	72.967	89.792	100.000	95.475	91.810	100.000	94.082	83.578	84.078

Фигура 16. Дескриптивна статистика от началния тест за изследване на компетентността за екипно решаване на проблеми на контролната група

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	CPS
Valid	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154
Mode	100.000	100.000	39.332	35.984	26.998	34.297	100.000	33.653	34.810	45.964	22.826	37.668	15.215
Median	56.359	57.371	50.459	31.639	36.709	46.378	58.290	50.602	47.650	49.940	47.934	45.735	49.952
Mean	56.305	56.400	50.395	31.931	36.389	45.850	57.947	49.505	47.590	48.216	46.392	45.154	47.673
Std. Error of Mean	1.435	1.472	1.472	0.991	1.017	1.257	1.541	1.335	1.296	1.540	1.342	1.318	1.200
95% CI Mean Upper	59.118	59.285	53.280	33.873	38.382	48.314	60.968	52.121	50.130	51.234	49.023	47.737	50.025
95% CI Mean Lower	53.492	53.515	47.509	29.988	34.396	43.387	54.925	46.888	45.050	45.197	43.761	42.572	45.321
Std. Deviation	17.811	18.266	18.270	12.298	12.618	15.596	19.129	16.568	16.080	19.112	16.659	16.350	14.893
95% CI Std. Dev. Upper	20.045	20.660	20.633	13.817	14.164	17.846	21.438	18.460	18.253	21.625	18.892	18.263	16.466
95% CI Std. Dev. Lower	15.384	15.614	15.842	10.795	11.111	13.333	16.662	14.241	13.750	16.228	14.319	14.201	13.055
Coefficient of variation	0.316	0.324	0.363	0.385	0.347	0.340	0.330	0.335	0.338	0.396	0.359	0.362	0.312
95% CI Variance Upper	401.792	426.821	425.718	190.913	200.609	318.494	459.605	340.784	333.155	467.656	356.911	333.541	271.115
95% CI Variance Lower	236.660	243.783	250.956	116.528	123.451	177.763	277.626	202.817	189.052	263.340	205.032	201.666	170.444
Range	97.501	97.500	92.930	69.436	73.016	86.127	92.513	88.361	89.710	98.929	99.057	88.945	72.506
Minimum	2.499	2.500	3.030	2.789	3.600	3.666	7.487	7.114	3.018	1.071	0.943	1.963	15.215
Maximum	100.000	100.000	95.960	72.226	76.616	89.792	100.000	95.475	92.728	100.000	100.000	90.908	87.722

Фигура 17. Дескриптивна статистика от крайния тест за изследване на компетентността за екипно решаване на проблеми на контролната група

На фигура 17 виждаме обобщените резултати от теста за екипно решаване на проблеми на учениците от контролната група, който е проведен 6 месеца по-късно. Всяко умение е оценено отново по скалата от 0 до 100. Средните резултати (средно аритметично) продължават да бъдат близки до медианата (средна стойност) за всички умения, което отново показва сравнително равномерно разпределение на резултатите по всички подкомпетентности. Средните резултати във втория изпит са сравними с тези от първия изпит. Модата, или най-често срещаната стойност, варира между уменията, но за някои от тях е достигната максимална стойност от 100. Стандартните отклонения продължават да бъдат високи за повечето умения, което отново показва голямо разнообразие в резултатите на учениците. Минималните и максималните резултати за всички умения са сравними с тези от първия изпит, като максималните резултати за някои умения са достигнали максималния резултат от 100 точки. Коефициентът на вариация (отношението между стандартното отклонение и средната стойност) е сравнително стабилен за всички умения, аналогично на първия изпит. Това показва, че вариацията в резултатите продължава да бъде сходна между различните умения. Статистически данните от втория изпит са сходни с първия изпит.

На фигура 18 е показана дескриптивната статистика от началния тест за изследване на компетентността за екипно решаване на проблеми на експерименталната група.

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	CPS
Valid	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132
Mode	28.022	100.000	28.994	27.314	23.959	45.137	39.962	46.520	32.700	53.040	37.117	42.858	14.853
Median	54.784	53.149	47.697	29.714	33.868	43.619	55.340	46.520	43.952	48.115	44.706	44.394	47.527
Mean	54.661	52.309	46.903	29.867	34.788	42.717	55.707	47.089	45.115	46.022	44.388	43.247	45.234
Std. Error of Mean	1.604	1.530	1.450	0.981	1.089	1.250	1.637	1.462	1.435	1.666	1.504	1.363	1.286
95% CI Mean Upper	57.805	55.307	49.744	31.790	36.923	45.168	58.916	49.954	47.928	49.288	47.337	45.919	47.755
95% CI Mean Lower	51.518	49.311	44.062	27.943	32.652	40.266	52.498	44.224	42.301	42.756	41.440	40.574	42.714
Std. Deviation	18.427	17.576	16.654	11.276	12.517	14.367	18.809	16.796	16.491	19.145	17.284	15.665	14.774
95% CI Std. Dev. Upper	20.708	20.223	18.976	12.700	14.165	16.350	21.417	18.915	18.995	21.757	20.039	17.491	16.534
95% CI Std. Dev. Lower	15.805	14.634	14.050	9.694	10.649	12.003	15.958	14.505	13.704	16.018	14.524	13.520	12.777
Coefficient of variation	0.337	0.336	0.355	0.378	0.360	0.336	0.338	0.357	0.366	0.416	0.389	0.362	0.327
95% CI Variance Upper	428.829	408.972	360.100	161.279	200.634	267.320	458.699	357.790	360.816	473.357	401.547	305.947	273.380
95% CI Variance Lower	249.786	214.151	197.402	93.974	113.399	144.074	254.645	210.403	187.790	256.582	210.946	182.794	163.255
Range	97.641	95.664	93.146	58.858	67.702	83.396	92.066	86.813	96.835	99.011	99.087	76.401	68.929
Minimum	2.359	4.336	2.814	2.502	7.650	3.703	7.934	5.568	3.165	0.989	0.913	4.082	14.853
Maximum	100.000	100.000	95.960	61.360	75.352	87.099	100.000	92.380	100.000	100.000	100.000	80.482	83.782

Фигура 18. Дескриптивна статистика от началния тест за изследване на компетентността за екипно решаване на проблеми на експерименталната група

Нека да разгледаме статистическите данни от теста за определяне на входното ниво на компетентността екипно решаване на проблеми на експерименталната група. Всяко умение е оценено по скала от 0 до 100. Средните резултати (средно аритметично) продължават да бъдат близки до медианата (средна стойност) за всички умения, което показва равномерно разпределение на резултатите. Модата, или най-често срещаната стойност, варира между уменията. Стандартните отклонения са високи за повечето умения, което показва голямо разнообразие в резултатите на учениците. Минималните и максималните резултати за всички умения са разнообразни, като максималните резултати за някои умения са високи, а за други са ниски. Коефициентът на вариация (отношението между стандартното отклонение и средната стойност) е сравнително стабилен за всички умения. Това показва, че вариацията в резултатите е сходна между различните умения. При сравнение на резултатите на експерименталната група с

контролната група на входното им равнище се вижда, че те са много близки, което означава, че двете групи са равностойни по отношение на компетентността им за екипно решаване на проблеми. Средните стойности на експерименталната група са сходни или малко по-ниски от тези на контролната група в повечето умения. Стандартните отклонения на експерименталната група са също толкова високи, ако не и по-високи, отколкото при контролната група, което също показва голяма вариация в ученическите резултати на експерименталната група. Максималните и минималните стойности за експерименталната група са също толкова разнообразни, както и при експерименталната група, което показва, че и в двете групи някои ученици постигат много високи резултати, докато други постигат много ниски резултати. Модата, или най-често срещаната стойност, за експерименталната група е много близка до контролната група, което отново показва сходството между двете групи. От разгледаните статистически данни може да направим извода, че двете групи са равностойни и имат много близко равнище на компетентността си за екипно решаване на проблеми.

На фигура 19 е показана дескриптивната статистика от крайния тест за изследване на компетентността за екипно решаване на проблеми на експерименталната група.

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	CPS
Valid	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132
Mode	100.000	100.000	100.000	3.481	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	18.956
Median	70.425	72.618	65.648	41.717	47.594	58.013	73.270	60.851	61.943	64.782	61.277	58.776	63.284
Mean	70.255	68.932	65.639	43.507	50.990	58.663	71.907	62.349	62.807	62.419	59.884	58.055	61.284
Std. Error of Mean	2.109	2.140	2.287	1.792	1.840	1.925	2.130	2.167	2.065	2.336	2.096	2.059	1.569
95% CI Mean Upper	74.388	73.127	70.121	47.018	54.596	62.436	76.081	66.597	66.854	66.997	63.992	62.090	64.358
95% CI Mean Lower	66.122	64.737	61.157	39.995	47.384	54.890	67.733	58.102	58.760	57.841	55.777	54.019	58.209
Std. Deviation	24.226	24.590	26.276	20.586	21.139	22.116	24.467	24.897	23.723	26.834	24.077	23.653	18.023
95% CI Std. Dev. Upper	26.713	27.090	28.762	22.833	23.274	24.233	27.090	27.073	26.378	29.678	26.780	26.161	20.070
95% CI Std. Dev. Lower	21.436	21.962	23.482	18.125	18.754	19.512	21.483	22.274	21.027	23.458	21.125	20.791	15.613
Coefficient of variation	0.345	0.357	0.400	0.473	0.415	0.377	0.340	0.399	0.378	0.430	0.402	0.407	0.294
95% CI Variance Upper	713.579	733.855	827.263	521.324	541.686	587.238	733.848	732.925	695.786	880.782	717.156	684.414	402.805
95% CI Variance Lower	459.513	482.323	551.381	328.506	351.711	380.719	461.514	496.110	442.148	550.266	446.286	432.269	243.770
Range	95.493	92.869	95.506	96.519	90.973	96.087	92.727	94.989	96.044	98.831	98.541	96.272	77.395
Minimum	4.507	7.131	4.494	3.481	9.027	3.913	7.273	5.011	3.956	1.169	1.459	3.728	18.956
Maximum	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	96.350

Фигура 19 Дескриптивна статистика от крайния тест за изследване на компетентността за екипно решаване на проблеми на експерименталната група

При анализирането на резултатите от финалния тест на експерименталната група ученици, можем да направим следните заключения. Средният резултат е най-висок за уменията A1 (70.255), C1 (71.907) и A2 (68.932). Това са съответно разбиране на представите и способностите на членовете на екипа, обсъждане с членовете на екипа какви действия следва да се предприемат за решаване на проблема и разбиране на същността на сътрудничеството и формулиране на целите. Най-ниският среден резултат е за умението B1 (43.507), което е формиране на споделено разбиране и обсъждане на същността на проблема. Стандартното отклонение е най-високо за D1 (26.834), показващо голямо разнообразие в резултатите между учениците по това умение, което е мониторинг и корекция на споделеното разбиране за същността на проблема.

Нека да сравним резултатите на експерименталната група на входния и изходния тест. Средният резултат е подобрен във всички умения, като най-голямо е подобрението в А1, А2, А3 и В1. Това са уменията разбиране на представите и способностите на членовете на екипа, разбиране на същността на сътрудничеството и формулиране на целите, разбиране на ролята на всеки участник в екипа за решаване на проблема и формиране на споделено разбиране и обсъждане на същността на проблема. Разпределението на резултатите (както се вижда от стандартното отклонение) е по-широко, което показва, че учениците имат по-голямо разнообразие в своите способности след провеждането на курса.

Да сравним и финалните резултати на експерименталната и контролната група. От данните се вижда, че средните резултати на експерименталната група са значително по-високи от тези на контролната група за всички умения. Уменията с най-големи разлики в средните резултати са А1, А2 и С1. Това са разбиране на представите и способностите на членовете на екипа, разбиране на същността на сътрудничеството и формулиране на целите и обсъждане с членовете на екипа какви действия следва да се предприемат за решаване на проблема. А уменията с най-малки разлики са А3, D1 и С2. Това са разбиране на ролята на всеки участник в екипа за решаване на проблема, мониторинг и корекция на споделеното разбиране за същността на проблема и предлагане на план за действие.

В дисертацията е направена статистическа проверка, която да покаже дали има статистически значими разлики между контролната и експерименталната групи. За да бъде направен статистическият тест за значимост на резултатите, е използван статистическият софтуер JASP.

Нулевата хипотеза в нашия експеримент гласи, че няма статистически значима разлика в средните стойности между двете групи - контролна и експериментална, преди и след обучението на експерименталната група на платформата. Преди да тестваме хипотезата, проверяваме за нормалност и равенство на дисперсиите. Има значими резултати, които предполагат отклонение от нормалността за всички променливи от А1 до D3 в началните и крайните тестове за контролната и експерименталната групи. Поради отклоненията от нормалността се избира Ман-Уитни U-тест за равенство на средните стойности като подходящ, без да е необходимо да се проверява равенството на дисперсиите.

Избираме T-тест с едностранен критерий за независими извадки. От резултатите от статистическият тест можем да направим няколко заключения. Първо, виждаме, че няма статистически значима разлика между предварителните средни стойности ($p > 0.025$), докато всички разлики от следващия тест са статистически значими ($p < 0.025$). Следователно трябва да приемем алтернативната хипотеза, че средните стойности на контролната група са по-ниски от тези на експерименталната група. Размерът на ефекта на разликите за теста на Ман-Уитни U-тест се определя от ранг-бисериалната корелация. Всички стойности са между 0.3 и 0.5, което съответства на средни ефекти. Най-голямата разлика е при С3 (след тест) с $|r| = 0.446$, свързана с уменията за завършване на задачите, предприети от членовете на екипа. Следват В2 (след тест) ($|r| = 0.431$), свързана с подобряване на уменията на идентифициране и разпределяне на задачите в групата, след това D1 (след тест) ($|r| = 0.388$), свързана с подобряване на обратната връзка между членовете на екипа, и D2 (след тест) ($|r| = 0.381$), свързана с подобряване на уменията за оценка на резултатите от решаването на проблема. Най-ниската ефективност е за С2 (след тест), където $|r| = 0.322$, свързана с уменията за изпълнение на планове.

Разликите между момчетата и момичетата в експерименталната група бяха изследвани. Тестът на Шапиро-Уилк за нормалност показва нормално разпределение за двете групи за А1 (предварителен тест), В2 (предварителен тест), С2 (предварителен

тест), B1 (след тест), B2 (след тест), B3 (след тест) и D3 (след тест). Тестът на Левин за равенство на дисперсиите показва хомогенност на групите ($p > 0.05$ във всички предишни или следващи тестове на променливите. В резултат на проверките на предположенията, избираме теста на Стюдънт за равенство на средните стойности за гореспоменатите седем променливи, които са нормално разпределени, и теста на Ман-Уитни за останалите. Стойностите на ефекта на размера са ниски, т.е. по-малко от 0.3. Намаляване на разликите в представянето между момчетата и момичетата в експерименталната група имаме при A1, A3, B1, B2, C1, C2, C3, D1, D2 и D3. Увеличаващи се разлики имаме при A2 и B3. Първоначалните тестове показват, че момичетата имат по-високи резултати от момчетата в компетентността за съвместно решаване на проблеми, което съответства на резултатите от PISA 2015. Но при наличие на обучение тези разлики намаляват.

Изводи

На базата на проведените анализи от резултатите на изследванията могат да се направят следните изводи:

- **Работата с информационната система подобрява уменията на учениците за екипно решаване на проблеми;**
- **Работата с информационната система подобрява уменията на учениците за екипна работа;**
- **Работата с информационната система подобрява уменията на учениците за решаване на проблеми;**
- **Работата с информационната система намалява разликата в степента на овладяване на компетентността екипно решаване на проблеми.**

Заклучение

Основни резултати от изследването

- Проучен е и са описани международните концепции и рамки за внедряване на уменията на 21-ви век в образователна среда. Рамките са сравнени и са описани общите и отличителните характеристики.
- Проучен е и са описани международните концепции и рамки за внедряване на компетентността екипно решаване на проблеми. Описани са международните рамки на PISA, CRESST и ATC21s Рамките са сравнени и са описани общите и отличителните характеристики.
- Проучени и са описани добрите международни практики при внедряването на информационни системи в образователните среди.
- Описана е методология за оценяване на компетентността екипно решаване на проблеми. Компетентността е разделена на дванадесет умения. Тези умения са разбиране на представите и способностите на членовете на екипа, разбиране на

същността на сътрудничеството и формулиране на целите, разбиране на ролята на всеки участник в екипа за решаване на проблема, формиране на споделено разбиране и обсъждане на същността на проблема, дефиниране и представяне на задачите, които следва да бъдат изпълнени, определяне на ролята на всеки участник в екипа и екипната организация, обсъждане с членовете на екипа какви действия следва да се предприемат за решаване на проблема, предлагане на план за действие, спазване на приетите правила за участие в екипа, мониторинг и корекция на споделеното разбиране за същността на проблема, мониторинг на резултатите от предприетите действия и оценяване на постигнатия напредък при решаването на проблема, мониторинг, обратна връзка и промяна на организацията на екипа и ролите на участниците в него в съответствие с постигнатия напредък.

- Описана е методологията за създаване и внедряване на информационна система за подобряване на компетентността екипно решаване на проблеми
- Системата е създадена и е внедрена в училищния курс по физика и астрономия и информационни технологии в класовете от седми до десети клас в столичното 125. СУ „Боян Пенев“.
- Проведен е дидактически експеримент с контролна и експериментална групи с ученици от седми до десети клас в 125. СУ „Боян Пенев“ в гр. София.

Основни изводи от изследването

- При подходящо избрана и внедрена информационна система се постига подобряване уменията на учениците за екипно решаване на проблеми.
- При подходящо избрана и внедрена информационна система се постига подобряване на уменията на учениците за екипна работа.
- При подходящо избрана и внедрена информационна система се постига подобряване на компетентността на учениците за екипно решаване на проблеми
- Установено е, че момчетата постигат по-добри резултати при тестване на компетентността за екипно решаване на задачи. Но при работа на учениците с информационната система намалява разликата в степента на овладяване на компетентността екипно решаване на проблеми между момчетата и момичетата.

Перспективи за бъдещето развитие на изследванията

Работата върху този дисертационен труд може да се развие в следните направления.

1. Методологията е развита за екипно решаване на физични проблеми. Може да се направи методология за екипно решаване на интердисциплинарни проблеми. От една страна това ще направи модела по-сложен, но от друга страна проблемите ще бъдат по-близки до реалните примери.
2. Изследването може да се концентрира върху въпроса за влиянието на възрастта при развитието на компетентността екипно решаване на проблеми по физика. За тази цел трябва да се изберат повече училища, което отново прави изследването по-сложно като организация и като необходими ресурси.

Приноси

Теоретични

1. Създаден е модел за екипно решаване на проблеми по физика. Формулирани са основни умения за работа в екип, които служат като индикатори за ефективност.
2. Създаден е дизайн на информационна система, основана на модела за екипна работа за изследване на умения за работа в екип и решаване на физични проблеми.
3. Формулирани са критерии за степента на формираност на уменията

Приложни

1. Разработен е инструментариум за информационната система за екипна дейност.
2. Тестване и усъвършенстване на платформата с цел нейното пълноценно внедряване в училищна среда.
3. Внедряване на платформата в реална училищна среда в задължителна и факултативна форма на обучение.

Публикации във връзка с дисертацията

Конференции:

1. Building a Network to Support and Improve High-School Physics Education, Harvard University and National Science Foundation (NSF), 13-17 July 2020, Collaborative Problem Solving, Fabien Kunis.
2. 48-та Национална конференция по въпросите на обучението по физика на тема: „Ядрената физика и енергетика в образованието по физика” 2 – 4 октомври 2020 г., София. Доклад на тема: "Използване на интерактивни симулации, видеоклипове и анимации в обучението по атомна и ядрена физика в училищния курс", Фабиен Кунис
3. 49-та Национална конференция по въпросите на обучението по физика на тема: „Физиката в STEM образованието в средните и във висшите училища” 4 – 6 юни 2021 г., Видин. Доклад на тема: "Използване на мобилните устройства в училищния експеримент по физика и астрономия в учебната и извънучебната училищна дейност", Фабиен Кунис
4. 49-та Национална конференция по въпросите на обучението по физика на тема: „Физиката в STEM образованието в средните и във висшите училища” 4 – 6 юни 2021 г., Видин. Доклад на тема: "Възможности и практики в прилагането на работата в екип в учебна STEM среда", Фабиен Кунис, Мая Гайдарова
5. Harvard Summer 2021 Free Virtual Conference: PoLS-T Exchange: 'Building a Global Network of High School Physics Teachers', How to Engage Students in Collaborative Learning, Fabien Kunis, 29.06.2021 - 01.07.2021
6. Национална конференция с международно участие „Образователни технологии 2021”, Possibilities for analysis of damping vibration through a partially computer-

- based learning experiment in physics, Konstantin P. ILCHEV, Fabien T. KUNIS, Vesela V. DIMOVA, Christina A. MARKOVSKA, 06.09.2021 - 09.09.2021
7. Национална конференция с международно участие „Образователни технологии 2021”, Improving students 'understanding of kinematic and dynamic description of acceleration through partially computer-based learning experiment in physical experiment, Konstantin P. ILCHEV, Fabien T. KUNIS, Vesela V. DIMOVA, Christina A. MARKOVSKA, 06.09.2021 - 09.09.2021
 8. The Ninth International Conference “Modern Trends in Science” (FMNS-2021), Analysis of problem-based learning in physics from the perspective of integrated STEM education, Ivelina Kotseva, Maya Gaydarova, Fabien Kunis, Konstantin Ilchev, 15.09.2021-19.09.2021, Blagoevgrad, Bulgaria
 9. The Ninth International Conference “Modern Trends in Science” (FMNS-2021), Applying collaborative activities in high school physics course during hybrid model of learning, Fabien Kunis, Ivelina Kotseva, Maya Gaydarova, 15.09.2021-19.09.2021, Blagoevgrad, Bulgaria
 10. 2022 Annual Meeting of the International Physics of Living Systems (iPoLS) Network, May 31 – June 3 2022, Montpellier, France, Think globally, act locally, Collaborative problem solving, Fabien Kunis.
 11. 50-та Национална конференция по въпросите на обучението по физика на тема: „Климатичните промени и образованието по физика”, 2 – 5 юни 2022 г., град Варна, Доклад на тема: "Подобряване на уменията за екипна работа при изучаване на климатичните промени в обучението по физика", автори: Фабиен Кунис, Мая Гайдарова, Ивелина Коцева.
 12. 50-та Национална конференция по въпросите на обучението по физика на тема: „Климатичните промени и образованието по физика”, 2 – 5 юни 2022 г., град Варна, Доклад на тема: "Прилагане на изследователския подход в електронна среда при изучаване на климатичните промени", автори: Фабиен Кунис.
 13. 48th International Conference Applications of Mathematics in Engineering and Economics, 7 - 13 June 2022, Sozopol, Bulgaria, Improving Collaborative Problem-Solving Competency through Information Systems in Physics Education, Fabien Kunis, Maya Gaydarova, Ivelina Kotseva
 14. 11th International Conference of the Balkan Physical Union, 28 August – 1 September 2022, Belgrade, Serbia, Доклад на тема: Improving the Students’ Learning of Optics and Atomic and Molecular Physics by Computer-assisted Spectroscopic School Experiments (S14-PEHPP-104)
 15. Весела В. Димова, Милена К. Стоянова, Константин П. Илчев, Фабиен Т. Кунис, Божидар Н. Бозов, Христина А. Марковска, „Възможности за подобряване на усвояването на учебния материал по механика чрез частично компютърно-базиран учебен експеримент по физика“ (Vesela V. Dimova, Milena K. Stoyanova, Konstantin P. Ilchev, Fabien T. Kunis, Bojidar N. Bozov, Christina A. Markovska, „Opportunities for improving the learning of mechanical course material through partiall computer-based physics learning experiment“), Announcements of Union of Scientists Sliven, vol. 37 (1), pp.160-165 (2022)
 16. Fabien Kunis, Konstantin Ilchev, Milena Stoyanova, Vesela Dimova, Tsanislava Genova, Stefan Valkov, Christina Andreeva, “Improving the students’ learning of optics and atomic and molecular physics by computer-assisted school experiments“, Proceedings of the International Scientific Conference UniTech 2022, p.II-256-II-260 (2022).
 17. Fabien Kunis, Konstantin Ilchev, Milena Stoyanova, Vesela Dimova, Tsanislava Genova, Stefan Valkov, Christina Andreeva “Improving the students’ learning of optics

- and atomic and molecular physics by computer-assisted school experiments”, доклад на Международна конференция UniTech, 18-19.11.2022 Габрово, България
18. Весела В. Димова, Милена К. Стоянова, Константин П. Илчев, Фабиен Т. Кунис, Божидар Н. Бозов, Христина А. Марковска, „Възможности за подобряване на усвояването на учебния материал по механика чрез частично компютърно-базиран учебен експеримент по физика“, доклад на 18-та национална конференция с международно участие „Образователни технологии 2022“, гр. Каварна, 6-8 септември 2022 г.

Статии:

1. Kunis, F., & Dimitrov, M. (2020). Investigating Lotka-Volterra model using computer simulation. *Open Schools Journal for Open Science*, 3(10). doi:<https://doi.org/10.12681/osj.24890>
2. Ivelina Kotseva, Maya Gaydarova, Fabien Kunis, Konstantin Ilchev, Analysis of problem-based learning in physics from the perspective of integrated STEM education, *Bulgarian Chemical Communications*, Volume 54, Special Issue B2, 2022
3. Fabien Kunis, Ivelina Kotseva, Maya Gaydarova, Applying collaborative activities in high school physics course during hybrid model of learning, *Bulgarian Chemical Communications*, Bulgarian Chemical Communications, Volume 54, Special Issue B2, 2022
4. Kunis, F. T., Dimitrov, M., & Markova, D. (2022). Simulating Predator-Prey System by Cellular Automata. *Open Schools Journal for Open Science*, 5(2). <https://doi.org/10.12681/osj.31250>
5. Teodora Vasileva, Fabien Kunis, "Manipulating Pixels, Graphic Images and Video Using Javascript", *Science, Engineering & Education*, Volume 7, Iss. 1, 2022, ISSN 2534-8507 (print), ISSN 2534-8515 (on line)
6. Daniel Kolev, Martin Kostov, Fabien Kunis, "Creating a Physical Wallet for Cryptocurrencies", *Science, Engineering & Education*, Volume 7, Iss. 1, 2022, ISSN 2534-8507 (print), ISSN 2534-8515 (on line)
7. Fabien Kunis, Ivelina Kotseva, Maya Gaydarova, Improving Collaborative Problem-Solving Competency through Information Systems in Physics Education, *AIP Conference Proceedings*, в процес на рецензия

Библиография

- American Educational Research Association, American Psychological Association, & National Council on Measurement in Education. (2014). Standards for educational and psychological testing. American Educational Research Association.
- Ananiadou, K. and Claro, M., 2009. 21st century skills and competences for new millennium learners in OECD countries.
- Aronson, E. , Stephan, C. , Sikes, J. , Blaney, N. , and Snapp, M. *The Jigsaw Classroom*, Sage Publications, Inc., Beverly Hills, California, 1978
- Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority (ACARA) (2013). General Capabilities in the Australian Curriculum. Retrieved from <http://www.australiancurriculum.edu.au/GeneralCapabilities/Pdf/Overview>

- Baghaei, N., Mitrovic, A., & Irwin, W. (2007). Supporting collaborative learning and problem solving in a constraint-based CSCL environment for UML class diagrams. *International Journal on Computer-Supported Collaborative Learning*, 2(2), 159-190.
- Bennett, R. E. (2015). The changing nature of educational assessment. *Review of Research in Education*, 39(1), 370–407.
- Bennett, R. E., & Ward, W. C. (2015). A review of the research on computer-based (CB) assessment. In *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 141-155). Springer.
- BENNETT, R.E. (1993), “On the meanings of constructed response”, in R.E. Bennett (ed.), *Construction vs. Choice in Cognitive Measurement: Issues in Constructed Response, Performance Testing, and Portfolio Assessment*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, pp. 1-27.
- Bingimlas, K. A. (2009). Barriers to the successful integration of ICT in teaching and learning environments: A review of the literature. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 5(3), 235-245.
- Buzzetto-More, N. A. (2009). Testing in the 21st century: Is it time to move past the traditional paper and pencil test? *Online Journal of Distance Learning Administration*,
- Chi, M. T. H., Glaser, R., & Farr, M. J. (1988). *The nature of Expertise*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cohen, E. G., Lotan, R. A., Scarloss, B. A., & Arellano, A. R. (1999). Complex instruction: Equity in cooperative learning classrooms. *Theory into Practice*, 38, 80-86.
- COUNCIL RECOMMENDATION of 22 May 2018 on key competences for lifelong learning, (2018/C 189/01), [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604(01)&from=EN)
- Daniel Kolev, Martin Kostov, Fabien Kunis, "Creating a Physical Wallet for Cryptocurrencies", *Science, Engineering & Education*, Volume 7, Iss. 1, 2022, ISSN 2534-8507 (print), ISSN 2534-8515 (on line)
- Dillenbourg, P. (1999). What do you mean by ‘collaborative learning’? In P. Dillenbourg (Ed.) *Collaborative-learning: Cognitive and computational approaches* (pp. 1-19). Oxford, UK: Elsevier.
- Fabien Kunis, Ivelina Kotseva, Maya Gaydarova, Applying collaborative activities in high school physics course during hybrid model of learning, *Bulgarian Chemical Communications*, Bulgarian Chemical Communications, Volume 54, Special Issue B2, 2022
- Fabien Kunis, Ivelina Kotseva, Maya Gaydarova, Improving Collaborative Problem-Solving Competency through Information Systems in Physics Education, *AIP Conference Proceedings*, в процес на рецензия
- Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B. F., & Yoon, K. S. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers. *American Educational Research Journal*, 38(4), 915-945.
- Garofalo, J., & Lester, F. K. (1985). Metacognition, cognitive monitoring, and mathematical performance. *Journal of Research in Mathematics Education*, 16, 163-176.

- Gerace, W. J. (2001). Problem solving and conceptual understanding. In S. Franklin, J. Marx, & K. Cummings (Eds.), *Proceedings of the 2001 Physics Education Research Conference* (pp. 33-36). Rochester, NY: PERC Publishing.
- Griffin, P., McGaw, B., & Care, E. (2012). *Assessment and teaching 21st century skills*. Dordrecht: Springer.
- Hesse, F., Care, E., Buder, J., & Sassenberg, K., & Griffin, P. (2015). *A framework for teachable collaborative problem solving skills. Assessment and Teaching of 21st Century Skills: Methods and Approach*. Dordrecht: Springer.
- Hew, K. F., & Brush, T. (2007). Integrating technology into K-12 teaching and learning: current knowledge gaps and recommendations for future research. *Educational Technology Research and Development*, 55(3), 223-252.
- Ivelina Kotseva, Maya Gaydarova, Fabien Kunis, Konstantin Ilchev, Analysis of problem-based learning in physics from the perspective of integrated STEM education, *Bulgarian Chemical Communications*, Volume 54, Special Issue B2, 2022
- Kozma, R. (2009). Assessing and teaching 21st century skills: A call to action. In F. Schueremann & J. Bjornsson (Eds.), *The transition to computer-based assessment: New approaches to skill assessment and implications for large scale assessment* (pp. 13-23). Brussels: European Communities.
- Kunis, F. T., Dimitrov, M., & Markova, D. (2022). Simulating Predator-Prey System by Cellular Automata. *Open Schools Journal for Open Science*, 5(2). <https://doi.org/10.12681/osj.31250>
- Kunis, F., & Dimitrov, M. (2020). Investigating Lotka-Volterra model using computer simulation. *Open Schools Journal for Open Science*, 3(10). <https://doi.org/10.12681/osj.24890>
- Kutta, M., 1901. Beitrag zur näherungsweise Integration totaler Differentialgleichungen. *Zeitschrift für Mathematik und Physik*
- Larson, L. C., & Miller, T. N. (2011). 21st century skills: Prepare students for the future. *Kappa Delta Pi Record*, 47(3), 121-123.
- Lester, F. K. (1994). Musings about mathematical problem-solving research: 1970-1994. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25, 660-675.
- Moore, M. G., & Kearsley, G. (2011). *Distance education: A systems view of online learning*. Cengage Learning.
- Morgan, B. B., Salas, E., & Glickman, A. S. (1993). An analysis of team evaluation and maturation. *Journal of General Psychology*, 120 (3), 277-291.
- National Research Council. 2011. *Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13158>.
- O'Neil, H. F. Jr. (1999). Perspectives on computer-based performance assessment of problem solving: Editor's introduction. *Computers in Human Behavior*, 15, 255-268.
- O'Neil, H. F. Jr., Chung, G., & Brown, R. (1997). Use of networked simulations as a context to measure team competencies. In H. F. O'Neil, Jr. (Ed.), *Workforce readiness: Competencies and assessment* (pp. 411-452). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- O'Neil, H. F., Chuang, S., & Chung, G. K. W. K. (2004). Issues in the computer-based assessment of collaborative problem solving. *Assessment in Education*, 10, 361-373.

- OECD. (2014). PISA 2012 Results: Creative Problem Solving: Students' Skills in Tackling Real-Life Problems (Volume V). PISA: OECD Publishing.
- OECD. (2017). PISA 2015 Results (Volume V): Collaborative Problem Solving. PISA: OECD Publishing.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) & Expert Group on Problem Solving in Technology-Rich Environments (PIAAC) (2009) Problem solving in technology-rich environments: A conceptual framework. OECD Education Working Paper No. 36. Retrieved from <http://hdl.voced.edu.au/10707/52482>.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2003). The PISA 2003 Assessment framework: Mathematics, reading, science and problem solving knowledge and skills. Retrieved from <http://www.oecd.org/edu/preschoolandschool/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/33694881.pdf>
- Patrick Griffin, Barry McGaw, Esther Care; Springer Science & Business Media, Oct 20, 2011; Assessment and Teaching of 21st Century Skills
- PISA 2012 Results: Creative Problem Solving: Students' skills in tackling real-life problems (Volume V), PISA, OECD Publishing 2014, <https://doi.org/10.1787/9789264208070-en>
- PISA 2015 collaborative problem-solving framework, in PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264281820-8-en>.
- PISA 2015 Results (Volume V): Collaborative Problem Solving, PISA, OECD Publishing 2017, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264285521-en>.
- PISA 2015: Draft Collaborative Problem Solving Framework. Retrieved from http://www.oecd.org/callsfortenders/Annex%20ID_PISA%202015%20Collaborative%20Problem%20Solving%20Framework%20.pdf
- Press, W. H.; Flannery, B. P.; Teukolsky, S. A.; and Vetterling, W. T. "Runge-Kutta Method" and "Adaptive Step Size Control for Runge-Kutta." §16.1 and 16.2 in Numerical Recipes in FORTRAN: The Art of Scientific Computing, 2nd ed. Cambridge, England: Cambridge University Press, pp. 704-716, 1992.
- RECOMMENDATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 18 December 2006 on key competences for lifelong learning, (2006/962/EC), <https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:394:0010:0018:en>
- Rottier, J. (1996). Teaming with success. *The Education Digest*, 62(2), 19.
- Runge, C. D. T., 1895. Über die numerische Auflösung von Differentialgleichungen. Springer.
- Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136-153.
- Salleh, N., Mendes, E., & Grundy, J. (2011). Empirical studies of pair programming for CS/SE teaching in higher education: A systematic literature review. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 37(4), 509-525.
- Shiffman, D., 2012. *The Nature of Code: Simulating Natural Systems with Processing*. 1st ed.

- Singapore Ministry of Education (2015). 21st century competencies. Retrieved from <https://www.moe.gov.sg/education/education-system/21st-century-competencies>
- Slavin, R., Cooperative learning, Theory, research and practice. London, 1990
- Smetana, L. K., & Bell, R. L. (2012). Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34(9), 1337-1370.
- Soller, A. (2001). Supporting social interaction in an intelligent collaborative learning system. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12, 40–62.
- Sugrue, B. (1995). A theory-based framework for assessing domain-specific problemsolving ability. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 13(3), 29-36.
- Teodora Vasileva, Fabien Kunis, "Manipulating Pixels, Graphic Images and Video Using Javascript", *Science, Engineering & Education*, Volume 7, Iss. 1, 2022, ISSN 2534-8507 (print), ISSN 2534-8515 (on line)
- Thompson, L. L., Wang, J., & Gunia, B. C. (2010). Negotiation. *Annual Review of Psychology*, 61, 491-515.
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. England, UK: John Wiley & Sons.
- Von Davier, A. A., & Halpin, P. F. (2013). Collaborative problem solving and the assessment of cognitive skills: Psychometric considerations. *Research Reports: Educational Testing Service*. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1002/j.2333-8504.2013.tb02348.x>
- Webb, N. M., Nemer, K. M., Chizhik, A. W., & Sugrue, B. (1998). Equity issues in collaborative group assessment: Group composition and performance. *American Educational Research Journal*, 35(4), 607-651.
- Wiggins, G. P. (1998). *Educative assessment: Designing assessments to inform and improve student performance*. San Francisco, CA: Jossey-Bass Publishers.
- Wilczenski, F. L., Bontrager, T., Ventrone, P., & Correia, M. (2001). Observing collaborative problem-solving processes and outcomes. *Psychology in the Schools*, 38(3).
- Woolf, B. P. (2010). *Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning*. Morgan Kaufmann.
- Woolley, A. W., Chabris, C. F., Pentland, A., Hashmi, N., & Malone, T. (2010). Evidence for a collective intelligence factor in the performance of human groups, *Science* 330, 686-688.
- World Economic Forum, 2016, *The Future of Jobs*, <http://reports.weforum.org/future-of-jobs-2016/chapter-1-the-future-of-jobs-and-skills/#hide/fn-1>
- Zhang, J. (1998). A distributed representation approach to group problem solving. *Journal of American Society of Information Science*, 49(9), 801-809.
- Бижков Г., Реформаторска педагогика, С., 1994, стр. 172- 175
- Делор, Ж., Образованието -скрито съкровище., 1996
- ЗАКОН ЗА ПРЕДУЧИЛИЩНОТО И УЧИЛИЩНОТО ОБРАЗОВАНИЕ, обн. ДВ. бр.79 от 13.10.2015 г., ..., изм. и доп. 2023 г.) (акт. 07.02.2023 г.).

- Министерство на образованието и науката, За прехода от знания към умения прехода от знания към умения, 2019. Retrieved from: <https://web.mon.bg/upload/21561/II-book.pdf>
- Министерство на образованието и науката, Ключови компетентности в учебните предмети от системата на училищното образование (Таблица), 2019. Retrieved from: <https://web.mon.bg/upload/21798/Tablica-key-competences.pdf>
- Министерство на образованието и науката, Компетентности и образование, 2019. Retrieved from: <https://web.mon.bg/upload/21560/I-book.pdf>
- Министерство на образованието и науката, Компетентностите и референтните рамки, 2019. Retrieved from: <https://web.mon.bg/upload/21562/III-book.pdf>
- Министерство на образованието и науката, Практикум, 2019. Retrieved from: <https://web.mon.bg/upload/21563/IV-book.pdf>
- НАРЕДБА № 13 от 21.09.2016 г. за гражданското, здравното, екологичното и интеркултурното образование. Обн. - ДВ, бр. 80 от 11.10.2016 г. Retrieved from
- НАРЕДБА № 13 от 21.09.2016 г. за гражданското, здравното, екологичното и интеркултурното образование, Обн. - ДВ, бр. 80 от 11.10.2016 г., в сила от 11.10.2016 г.; изм. и доп., бр. 80 от 28.09.2018 г., в сила от 28.09.2018 г. Издадена от министъра на образованието и науката
- НАРЕДБА № 5 от 30.11.2015 г. за общообразователната подготовка, Обн. - ДВ, бр. 95 от 08.12.2015 г., в сила от 08.12.2015 г. Издадена от министъра на образованието и науката
- НАРЕДБА № 5 от 30.11.2015 г. за общообразователната подготовка. Обн. - ДВ, бр. 95 от 08.12.2015 г. Retrieved from
- Светла Петрова, Центъра за оценяване в предучилищното и училищното образование, „Оценяване на компетентността да се решават проблеми в PISA 2012“, 2014. Retrieved from: https://www.copuo.bg/sites/default/files/uploads/docs/2014-04/PS_Chapter_BGR.pdf
- Светла Петрова, Центъра за оценяване в предучилищното и училищното образование, „Модулът на PISA 2015 „Решаване на проблеми в сътрудничество“. Концепция на изследването, анализ на резултатите и примерни въпроси“, 2017. Retrieved from: https://www.copuo.bg/sites/default/files/uploads/docs/2017-11/PISA_2015_Collaborative_Problem_Solving__BGR_.pdf
- Тодорина Д., Технология на груповата учебна дейност., С., 1994
- Харалампиев, К., Въведение в основните статистически методи за анализ (второ преработено и допълнено издание), ИК Балон, 2012
- Центъра за оценяване в предучилищното и училищното образование, „Предизвикателства пред училищното образование“, 2013. Retrieved from: https://www.copuo.bg/sites/default/files/uploads/docs/2013-12/PISA_2012.pdf
- Центъра за оценяване в предучилищното и училищното образование, „Резултати от участието на България в Програмата за международно оценяване на учениците PISA 2015“, 2016. Retrieved from: https://www.copuo.bg/sites/default/files/uploads/docs/2016-12/book_2016_web.pdf