

ФОРМИРАЩО ОЦЕНЯВАНЕ PEER INSTRUCTION С ПОМОЩТА НА PLICKERS ТЕХНОЛОГИЯТА

¹Ивелина Коцева, ¹Мая Гайдарова, ²Галина Ненчева

¹Софийски университет „Св. Климент Охридски“

²Първа английска езикова гимназия – София

Резюме. В статията са представени възможностите на Plickers – една съвременна технология, която е показала своята ефективност във формиращото оценяване на ученици и студенти. Посочват се някои от особеностите на интерактивния метод на формиращото оценяване Peer Instruction, на базата на които авторите правят аргументиран избор на метод за провеждане на емпирично изследване по отношение на Plickers технологията. Към описанието на методиката на изследването частично е приложен и неговият инструментариум. Представени са и резултати от анкетното проучване, направено сред ученици – участници в изследването, както и изводи от анализа на базата данни, съхранявана чрез технологията Plickers.

Keywords: formative assessment, plickers, interactive methods, peer instruction

Въведение

Редица изследвания по света показват, че съвременните технологии, в съчетание с подходящи методи на обучение, могат значително да повишат качеството на учебния процес. Използването на технологиите улеснява комуникациите с учениците, като пести време, подпомага осъществяването на конструктивисткия подход с осигуряване на условия за активно учене, допуска едновременно участие на всички обучаеми в дискутиране на проблеми и предполага ефективно формиращо оценяване. Технологични средства с голяма степен на интерактивност са CRSs (Classroom Response Systems) – системи с дистанционно управление, които съчетават безжичен хардуер с презентационен софтуер.

Първоначалният замисъл при тяхното разработване през 60-те години на миналия век е проучването на мнения и нагласи в големи аудитории. В случая, когато CRSs се прилагат в обучението, става дума за колективно формиращо оценяване и определяне на общото ниво на разбиране на ключови въпроси от учебното съдържание, което е основно изискване за постигане на желаните очаквани резултати от учебния процес. Преподавателят използва компютър и видеопроектор, снабдени със специален софтуер за презентиране на въпросите и резултатите от обратната

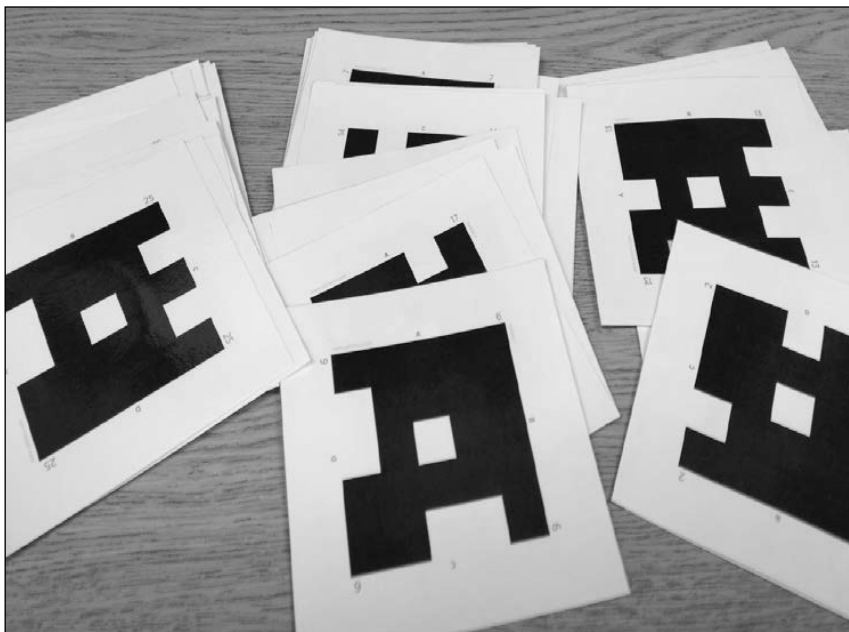


Фигура 1. Изображение на Clicker

връзка. Студентите, от своя страна, ползват устройства (фиг.1), често наричани “clickers”, чрез натискане на бутоните на които предоставят дистанционно своя отговор на поставен въпрос. Ефективността на тази технология е причина CRSs да навлязат масово през последните 20 – 25 години в университетите на САЩ и Канада при обучение на много големи аудитории (до 200 и повече студенти).

Една удобна и финансово достъпна алтернатива на Clickers са Plickers (P от “Paper” – хартия). За разлика от CRSs системите, които са много скъпи (в зависимост от марката струват между \$1000 и \$3500), единствените разходи, които изискват Plickers, са свързани със закупуването на таблет (или смартфон) с мобилен интернет и разпечатването на принтер на едноименните карти от хартия с уникални изображения (фиг.2), подобни на QR кода (Quick Response Code). Картите, които от тук нататък ще наричаме „пликерси“, могат да бъдат изтеглени от официалния сайт¹⁾ след предварителна регистрация.

Всеки ученик получава по една такава карта, с помощта на която „гласува“ при задаване на въпрос към целия клас, позиционирайки картата по такъв начин, че верният според него отговор (A, B, C или D) да бъде отгоре (снимка 1). Допускат се и алтернативни отговори от типа ДА/НЕ или с три възможни отговора. Освен това е необходимо на мобилното устройство (таблет или смартфон) да бъде съответно инсталирано безплатното мобилно приложение на Google²⁾ за Android или iOS, което позволява четенето на изображенията върху картите при сканиране и автоматичното прехвърляне на резултатите към акаунта на сайта. Както при CRSs, така и тук, са необходими компютър и проектор, като компютърът задължително трябва да има връзка с интернет, ако искаме резултатите от гласуването да бъдат



Фигура 2. Изображение на карти Plickers

представяни на учениците в реално време (снимка 2). Това е важно за постигане на самооценяване от учениците и за сравняване на техните отговори с верния.

Методиката на използване на Plickers е важна за постигане на обратна връзка в обучението и е отлична за бърза диагностика на личните резултати от зададена учебна дейност на учениците. Технологията способства за запаметяване на резултатите на учениците (вж. показаните скрийншоти), което е важно за удостоверяване и проследяване на участието и прогреса на всеки ученик. Така се улеснява, документираща и верифицираща информацията за връзка с родителите при коментиране на постиженията на техните деца.

Регистрацията на официалния сайт на Plickers ни предоставя няколко възможности, разпределени в следните секции: (1) В секция *Classes* (класове) могат да бъдат добавяни различни класове от ученици, да бъдат въвеждани имената на учениците (или номерата в класа). На всеки нововъведен в приложението ученик се присвоява по една карта, която също има номер (от 1 до 63 максимум); (2) В секция *Library* (библиотека) се въвеждат въпросите/задачите със затворен отговор (възможни са до 4 отговора), предвидени за формиращо оценяване; (3) В секция



Снимка 1. Учениците – с карти пликерс при формиращото оценяване



Снимка 2. Наблюдение в реално време на сканираните отговори

Reports (доклади) се съхранява цялата информация от проведените до момента оценявания (графична, под формата на хистограма и таблична, съдържаща индивидуалните отговори на всички участници). Съхраняват се датата и часът на проведеното оценяване; (4) В секция *Live View* (наблюдение в реално време) се демонстрират резултатите под формата на хистограма от процеса на сканиране на отговорите при гласуване.

Тези възможности на сайта ще бъдат последователно показани в изложението по-долу.

Технологията Plickers е подходяща за по-малки аудитории (до 63 ученици). Тя е придобила голяма популярност и по данни от сайта поне 40 000 учители по света я използват в своята работа към настоящия момент.

Теоретична основа на изследването

Водеща насока при интегрирането на съвременни технологии не трябва да бъде постигането на атрактивност в обучението, а по-ефективното реализиране на целите му (Flick & Bell, 2000; Henriques, 2002). Според едно съвременно изслед-

ване (Bransford et al., 1999), в което се използва мултидисциплинарният подход, най-добрата образователна среда трябва да бъде така структурирана, че в нея да бъде постигнат добър баланс между специфичните нужди на индивида и общността от обучаваните като цяло. Според авторите на изследването това може да стане, ако под внимание бъдат взети четири основни елемента в процеса на обучение. Това са: (1) предварителните знания и нагласи, с които всеки ученик/студент поотделно започва обучението си по дадена дисциплина (*student-centered environment*); (2) знанията и уменията, които трябва да бъдат усвоени по начини, подпомагащи тяхното осмисляне и трансфериране (*knowledge-centered environment*); (3) формиращото оценяване, което по значимост трябва да бъде равностойно на сумативното оценяване (*assessment-centered environment*); (4) общността като цяло, която трябва да бъде организирана по начини, подпомагащи екипната работа (*community-centered environment*).

Моделът на най-добра образователна среда на Bransford et al. (1999) придобива значимост в обучението по физика в САЩ най-вече чрез работите на Edward Redish (1999; 2003; 2014). Благодарение на много преподаватели по физика изследванията в областта на обучението по физика през последните 20-25 години придобиват научен характер, като се обособява самостоятелна научна област – *Physics Education Research* (PER). Разработват се много интерактивни методи³⁾ и се изследва тяхната ефективност в сравнение с тази на традиционните учебни методи (Hake, 1998).

Една от особеностите, която отличава интерактивните от традиционните методи, е осъществяване на постоянна обратна връзка в учебния процес, без която не може да се осъществи оценяване, ориентирано към регистриране и диагностика на личния прогрес на ученика. Реализирането на системна обратна връзка е в основата на стратегия на оценяване, наречена формиращо оценяване (*formative assessment*). Същността на формиращото оценяване е в получаването и интерпретацията на информация за обучението на ученика, която учителите и учениците използват, за да решат колко са напреднали в обучението си, какво още искат да постигнат и как да осъществят това по най-добрия начин (Black & William 1998; 2003; 2009). Формиращото оценяване има три аспекта – оценка за обучението (*assessment for learning*), оценка на обучението (*assessment of learning*) и оценката като обучение (*assessment as learning*) (Black et al., 2003). Най-съществените елементи на оценката за обучението са осъществяване на непрекъсната и разнообразна обратна връзка, наличие на предварителна информация за критериите за успешност на обучението и реализирането на избор на учениците по отношение на постигане на учебните цели. Под оценяване на обучението се подразбира основно използването на резултатите от обучението от учителите за проследяване на прогреса на учениците,

използването на резултатите за подобряване на работата на учителите и системно обсъждане на резултатите от обучението с учениците и родителите. Оценяването като обучение включва сътрудничеството на ученици и учители при дефиниране на учебните цели и реализиране на рефлексия от учениците по отношение на собствената им дейност, т.е. самооценяване (Black & Wiliam, 1998). Оценяването като обучение съдейства за повишаване на личната отговорност на обучаемите по отношение на резултатите и разбиране и приемане на оценката като съотношение между желаните и постигнатите цели на обучение. Като най-важен елемент на формиращото оценяване много автори посочват ефективната обратна връзка (Bangert-Drowns et al., 1991; Elawar & Corno, 1985). Тя се фокусира върху това, което трябва да се подобри и помага на ученика да бъде по-успешен.⁴⁾ В седемте правила за добра обратна връзка Nicol & Macfarlane-Dick (2006) отбелязват, че добрата обратна връзка: изяснява кое постижение е добро (цели, критерии, очаквани стандарти); улеснява развитието на самооценката в процеса на учене; осигурява на учениците висококачествена информация за учене; насърчава учителя и учениците в равнопоставени (взаимозаменяеми) действия; насърчава положителна мотивация и самоутвърждаване; осигурява възможности за намаляване на разликата между реално и очаквано постижение; осигурява информация на учителя как може да подобри обучението.

В световната преподавателска практика има най-разнообразни методи, подходи и техники за осъществяване на добра обратна връзка, някои от които ще изброим⁵⁾ – think-pair-share техника (обсъждане на проблеми по двойки), think-write-pair-share техника (записване на идеи и обсъждане в група), Peer Instruction, тестови въпроси, седмичен отчет, кратки отговори на въпроси (summary), понятийни и интелектуални карти, оценка от кратка самостоятелна работа, съставяне на тестове и задания от ученици, анализ на портфолио, взаимно рецензиране на работи, домашни задания, дискусии и др. Често използвани рефлексивни оценъчни техники са въпросници, анкети, диагностичен индивидуален разговор, взаимно оценяване, самооценяване, основано на активна рефлексия (осъзнаване на собствените действия) и др.

За да има качествена обратна връзка, е необходима активност и от двете страни в процеса на обучение. Изискването за активно учене като основа на интерактивността е и причината за наблюдаваната инерция при преминаване от традиционни към иновационни методи (и модели изобщо) на обучение. По този повод ще цитираме Derek Bok – бивш президент на Harvard University: „...проучванията показват, че проблемно базираните дискусии, груповите и други форми на активно учене са по-продуктивни за критичното мислене в сравнение с лекциите и въпреки това лекционният формат е все още стандартен в повечето колежи и особено в големите

университети“.⁶⁾ Благодарение на съвременните технологии тази картина може съществено да се промени, без да се страхуваме, че технологиите ще заменят учителите. Всъщност очакванията са, че учителите ще прилагат все повече съвременни технологии, като ролята им при избор на най-подходящия за даден случай метод ще бъде неопценима.

Методи и инструментариум

За целите на нашето изследване използваме един от най-популярните интерактивни методи – *Peer Instruction*, въведен за първи път от Eric Mazur през 90-те години на XX век в уводните курсове по физика на Харвард (Mazur, 1986). По този метод в лекцията (урока) се задава цикъл от кратки, но концептуално важни за разбиране на учебното съдържание въпроси (Concept Tests) (до 5 – 6 въпроса на лекция). В зависимост от процента на верните отговори, събрани от цялата аудитория на базата на технологията CRSs, се пристъпва към дискусия в групи по някой от съществените за разбирането на съдържанието въпрос само ако е налице незадоволителен процент (между 30% и 70%) на отговорилите вярно, или се преминава нататък по съдържанието (Lasry et al., 2008). През годините този метод, както и прилагането му в съчетание с други методи, е доказал своята ефективност (Crouch & Mazur, 2001). Методът позволява както индивидуално определяне на верния отговор при зададени затворени (предварително дефинирани) въпроси, така и отговор на екип от няколко ученици, които предварително дискутират помежду си проблема – т.нар. *think-write-pair-share* техника. Чрез метода *Peer Instruction* се подобрява диагностичната функция на формиращото оценяване, като се активизират всички ученици за участие в дискусия и взимане на решение за верния отговор. Този метод улеснява рефлексията и самооценката и засилва мотивацията на учениците за пълноценно усвояване на учебното съдържание в процеса на урока.

Методът *Peer Instruction* и технологията *Plickers* бяха използвани едновременно при изучаване на явлениято фотоефект от учебното съдържание по физика за X клас в паралелка от 28 ученици от XI клас от Първа английска езикова гимназия – София, през февруари 2015 г. Предварително бяха съставени седем въпроса от затворен тип с цел формиращо оценяване, проверяващи концептуалното разбиране на важни въпроси от съдържанието на два последователни урока по физика – условията за външен фотоефект и свойствата на светлинните кванти (първа до седма задача), както и три графични задачи, проверяващи уменията за интерпретация на графична и символна информация в контекста на съдържанието.

За проучване на нагласите и мненията на учениците за използването на тези методи в учебните часове по физика използвахме анонима анкета с петстепенна

скала на оценяване (таблица 1). Анкетата е структурирана в две части, попълването на които е предвидено съответно за началото (предварителна анкета) и за края на проведения експеримент (заклучителна анкета). Предварителната анкета е ориентирана към оценяване на нагласите към изучаване на физиката, формите на оценяване и работата в група (таблица 2). Чрез степента на съгласие или несъгласие с твърденията в заключителната анкета (таблица 3) се правят изводи за мнението на учениците относно приложениия метод. Анкетите са кратки и отнемат около 8 – 10 минути общо време.

Анкетата съдържа и два въпроса с отворен отговор за предложенията относно подобряване на ефективността на обучението по физика.

Таблица 1. Скала за оценяване на анкетите

Категорично не	По-скоро не	Не мога да преценя	По-скоро да	Категорично да
1	2	3	4	5

Таблица 2. Предварителна анкета

1	Винаги с лекота разбирам учебното съдържание по физика.	1	2	3	4	5
2	Чрез по-разнообразни форми на оценяване се постига по-точно измерване на знанията ми по физика.	1	2	3	4	5
3	Одобрявам ежемесечното изпитване под формата на въпроси без поставяне на оценки.	1	2	3	4	5
4	Индивидуалното устно изпитване ме притеснява.	1	2	3	4	5
5	Нямам нищо против обсъждането на зададени въпроси в група и изразяване на общо постигнато мнение.	1	2	3	4	5

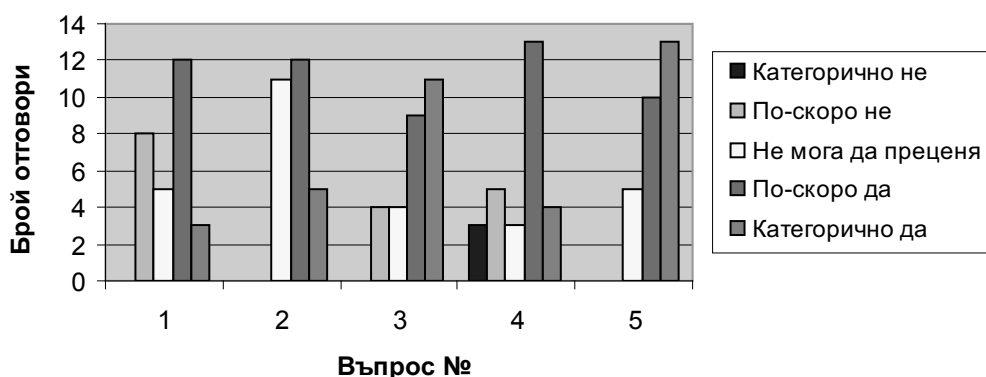
Таблица 3. Заклучителна анкета

1	Използваният метод на оценяване улесни моето разбиране на учебния материал.	1	2	3	4	5
2	Одобрявам този метод за системно оценяване на постиженията ми в обучението по физика.	1	2	3	4	5
3	Ангажирането на всички ученици в отговарянето на въпроси повишава ефективността на обучението.	1	2	3	4	5
4	Този метод ми помогна да сравня своите знания с тези на съучениците ми.	1	2	3	4	5
5	Препоръчвам този метод да се използва и в други учебни дисциплини.	1	2	3	4	5

Резултати, анализ и изводи от експеримента

Описателната статистика от попълнените анкети е представена на две хистограми (фиг. 3 и 4). В процентно отношение най-голямо съгласие („По-скоро да“ и „Категорично да“) с твърденията от предварителната част на анкетата учениците изразяват, както следва (в низходящ ред): твърдение № 5 (82%); твърдение № 3 (71%); твърдение № 2 и № 4 (61%) и твърдение № 1 (54%). Това означава, че мнозинството от класа (82%) приема положително обсъждането на зададени въпроси в група. Голям процент (71%) от учениците твърдят, че одобряват ежекласното изпитване, но без поставяне на оценки (което е характерно за диагностичното формиращо оценяване). Интерпретираме това като разбиране от страна на учениците, че по този начин се улеснява тяхната ориентация в това каква част от очакваните резултати са постигнали, без това да има отрицателен ефект върху желаната от тях оценка. Повече от половината ученици (61%) се притесняват от индивидуално устно изпитване и също толкова на брой смятат, че разнообразните форми на оценяване биха допринесли за по-точното измерване на знанията по физика. Това означава, че използването на Plickers технологията би подпомогнала участието в обучението на притеснителни ученици, страхуващи се от посочването си за устен отговор от учителя. Едва около половината от класа (54%) твърдят, че разбират винаги с лекота учебното съдържание по физика (отнася се за елитен клас от Първа английска гимназия).

Предварителна анкета



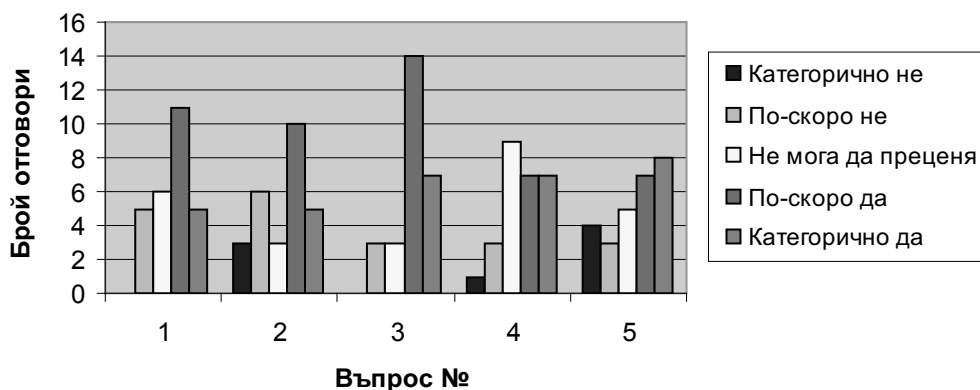
Фигура 3. Хистограма на проучените нагласи

Резултатите, получени след обработката на заключителната анкета, показват, че учениците изразяват най-голямо съгласие с твърдение № 3 (78%). Следват твърдение № 1 (59%); твърдения № 2 и № 5 (по 56%) и твърдение № 4 (52%). С други думи, около три четвърти от класа смята, че ангажирането на всички ученици в отговарянето на въпроси повишава ефективността на обучението. Като изключим неутралната позиция, която за всяко от петте твърдения варира от 11% (за твърдения № 2 и № 3) до 33% (за твърдение № 4), можем да направим извода, че учениците, изразяващи положително мнение за използвания метод, са повече от тези, които го отхвърлят.

За съжаление, на отворените въпроси не получихме отговор от по-голямата част на класа (вероятно поради липса на време или просто защото учениците не намериха това за необходимо). Прилагаме част от отговорите на втория въпрос „Обучението по физика би станало по-ефективно, ако...“: се правят повече упражнения; имаше малко повече експерименти; се въведат нови методи за преподаване; този метод бъде включен; се приложат интерактивни методи за обучение; се използват нестандартни методи.

Провеждането на същинския експеримент бе организирано така, че на зададените въпроси за разбиране на учебното съдържание да се отговаря лично, без дискусия, с вдигане на картите, както е показано на снимка 1, след което според метода Peer Instruction при недостатъчен брой верни отговори на задания въпрос

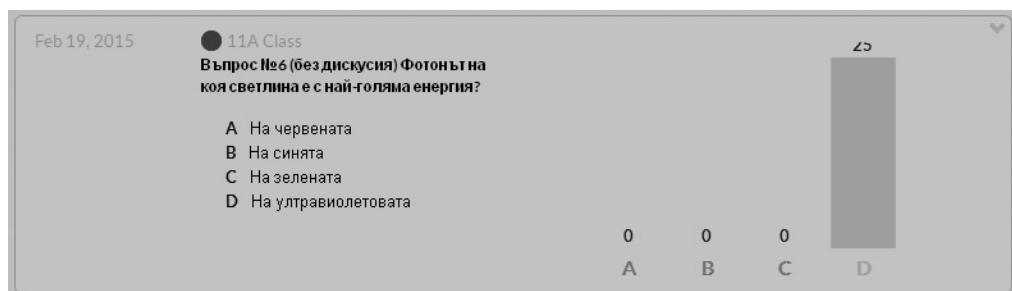
Заключителна анкета



Фигура 4. Хистограма на проучените мнения

(резултатът се наблюдава в динамика от всички на екрана) се провежда дискусия по двойки или в по-големи групи и отново се отговаря на същия въпрос до изсяняването му за всички ученици.

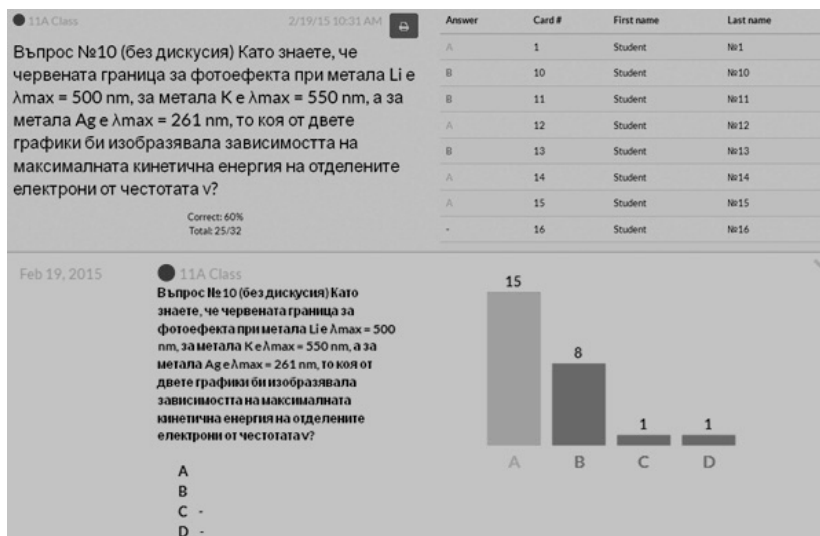
На някои от въпросите учениците категорично определяха верния отговор над 80%, което не наложи дискусия по тези въпроси. Това бяха въпроси № 1 (100%), № 5 (84%), № 6 (100%), № 7 (91%), № 8 (91%) (фиг. 5).



Фигура 5. Скриншот от базата данни (отговори на въпрос № 6)

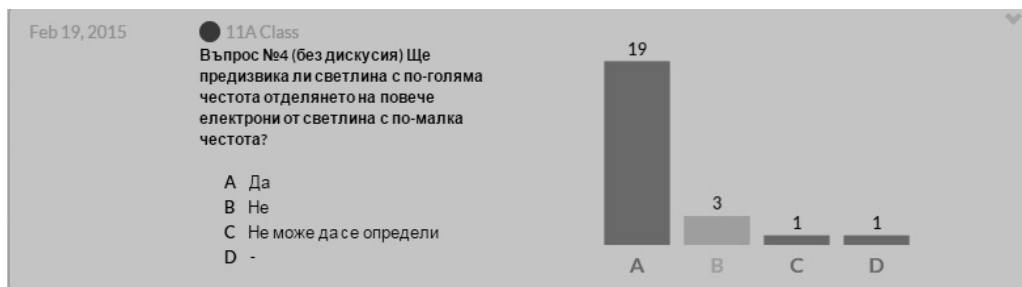
Въпросите, които изискваха допълнително разяснение преди повторното им индивидуално гласуване, бяха въпрос № 3 (нито един верен отговор, без да е проведена дискусия) и въпрос № 4 (само 13% верни отговори без дискусия). В такъв случай според метода Peer Instruction, когато процентът на верните отговори е под 30%, се налага въпросът да бъде отново прочетен и допълнително пояснен (Lasry et al., 2008). Тук ще отбележим, че Plickers технологията е разработена по такъв начин, че процентът на верните отговори се изчислява автоматично при сканирането на картите и това прави възможно прилагането на този метод.

Другата група въпроси, на която ще обърнем по-специално внимание, са въпросите, чийто процент на верните отговори, без да е проведена дискусия, попадат в границите между 30% и 70%. В този случай на учениците се дава възможност да дискутират въпроса помежду си (без участието на преподавателя) и отново да изберат отговор. При нашия експеримент въпросите с такива първоначални резултати бяха въпроси № 2 (63%), № 9 (39%) и № 10 (60%). На фиг. 6 е представен скрийншот от базата данни с индивидуалните отговори на въпрос № 10 (без дискусия), процентът на верните отговори и хистограмата. Верният отговор е маркиран в зелено, но ако искаме, той може да остане „скрит“ за учениците чрез бутона *Show/Hide correct answer*. Индивидуалните отговори също могат да останат скрити.

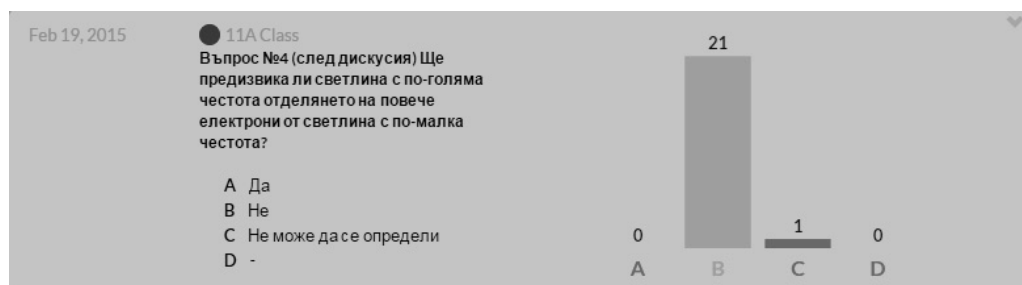


Фигура 6. Скриншот от базата данни (въпрос № 10)

Двете хистограми (фиг. 7 и 8) с отговорите на въпрос № 4 без дискусия и след дискусия илюстрират ефективността на метода. Въпросът проверява разбирането на учениците за същността на явлениято фотоефект, като прави връзка между енергията на отделния фотон и фототока, който се получава в резултат на фотоефекта. Резултатът от събраните отговори без дискусия (картите на 4-ма ученици не са сканирани) показва 13% верни отговори (3 от 24). След получаването на резултата учениците се приканват да дискутират, като могат да ползват учебник за справка (отговор на този въпрос експлицитно не се съдържа в учебника). След оживена дискусия по същия въпрос процентът на верните отговор достига 95% (21 верни отговора от 22 сканирани карти). Бихме искали да поясним, че не е задължително всички карти да бъдат сканирани (освен в случая, когато за нас са важни и индивидуалните отговори), тъй като при самото сканиране преподавателят също може директно да следи графиката на отговорите на мобилното си устройство, а според метода е достатъчно процентът на верните отговори да надхвърли 70% (като в случая 21 верни отговора от 28 присъстващи ученици е дори повече). Работата върху всеки въпрос трябва да приключи с кратък коментар от страна на преподавателя.



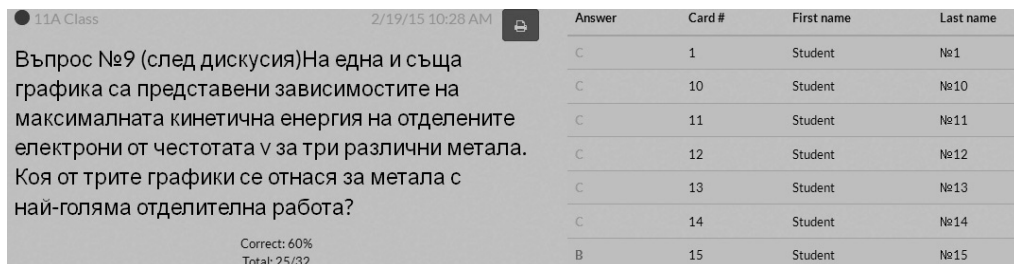
Фигура 7. Хистограма на отговорите на въпрос № 4 (без дискусия)



Фигура 8. Хистограма на отговорите на въпрос № 4 (след дискусия)

Повторни дискусии се наложиха след отговорите на въпроси № 9 и № 10, тъй като при тях процентът на верните отговори не надхвърли 70% (фиг. 9 и 10). Разбира се, тези проценти са ориентировъчни и в зависимост от важността на въпроса или от съображение за времето, с което разполага, всеки преподавател може да провокира дискусия или да обясни отново проблема.

Трябва да се отбележи силно проявеният интерес на учениците към използването на технологии при оценяването, както и въпросите им относно конкретната технология и активното им участие при отговарянето на въпросите. Те изпитваха задоволство, че има съвременен начин да бъде отчетено участието на всички при дискусията и взимането на решение за достоверността на избрания отговор. Това беше удовлетворение за нас. Освен това се оказа, че мобилното приложение работи много добре – сканирането на картите, обработването и прехвърлянето на данните са изключително бързи, а това опроверга предварителните ни опасения относно ефективността на експеримента.



Фигура 9. Скриншот от базата данни (въпрос № 9)



Фигура 10. Скриншот от базата данни (въпрос № 9)

Заклучение

В резултат на нашето проучване относно възможностите за приложение на съвременни технологии в обучението и разработването на подходящи методи за успешното им интегриране, можем смело да твърдим, че това е област, която търпи динамично развитие.^{7,8)} Потенциалът на всяка технология може да бъде реализиран чрез разработването на множество техники по посока на подобряване на интерактивността в учебния процес. Всеки учител трябва свободно да разполага с разнообразен набор от подобни методи и техники, отчитайки, че аудиторията му се състои от ученици със свой собствен и неповторим стил на учене, според който определен метод се явява благоприятен или неблагоприятен по отношение на личностното им развитие (Bostrom et al., 1990; Dunn et al., 1981; Griggs, 1991; Holley & Jenkins, 1993). Изследването на ефективността на представения в статията използван метод Peer Instruction като част от интерактивните методи на формиращото оценяване и съответната технология Plickers има обнадеждаващи резултати при прилагането му в обучението по физика.

Благодарност. Изследването е осъществено с финансовата подкрепа на Фонд „Научни изследвания“ към Софийския университет „Св. Климент Охридски“.

БЕЛЕЖКИ

1. www.plickers.com
2. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.plickers.client.android>
3. <http://perusersguide.org>
4. Assessment for Learning: 10 research-based principles to guide classroom practice, Assessment Reform Group (2002), p.2.
5. http://www.levy.k12.fl.us/instruction/Instructional_Tools/60FormativeAssessment.pdf
6. <http://www.physics.indiana.edu/~hake/Sci&Art3.pdf>
7. www.edudemic.com
8. www.educatorstechnology.com

ЛИТЕРАТУРА

- Bangert-Drowns, R.L., Kulik, C.-L.C., Kulik, J.A. & Morgan, M.T. (1991). The instructional effect of feedback in test-like events. *Rev. Educ. Res.*, 61, 213 – 238.
- Black, P. & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7 – 74.
- Black, P. & Wiliam, D. (2003). „In praise of educational research’: formative assessment. *British Educ. Res. J.*, 29, 623 – 637.
- Black, P. & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educ. Assessment, Evaluation & Accountability*, 21, 5 – 31.
- Black, P., Harrison, C., Lee, C., Marshall, B. & Wiliam, D. (2003). *Assessment for learning: putting it into practice*. Maidenhead: Open University Press.
- Bostrom, R.P., Olfman, L. & Sein, M.K. (1990). The importance of learning style in end-user training. *MIS Quarterly*, 1, 101 – 119.
- Bransford, J.D., Brown, A.L. & Cocking, RR. (1999). *How people learn: brain, mind, experience, and school*. Washington: National Academic Press.
- Crouch, C. & Mazur, E. (2001). Peer instruction: ten years of experience and results. *Amer. J. Phys.*, 69, 970 – 977.
- Dunn, R., DeBello, T., Brennan, P., Krinsky, J. & Murrain, P. (1981). Learning style researchers define differences differently. *Educational Leadership*, 38, 327 – 374.
- Elawar, M.C. & Corno, L. (1985). A factorial experiment in teachers’ written feedback on student homework: changing teacher behavior a little rather than a lot. *J. Educ. Psychology*, 77, 162 – 173.
- Flick, L., Bell, R. (2000). Preparing tomorrow’s science teachers to use technology: guidelines for science educators. *Contemporary Issues Technology & Teacher Education*, 1(1), 39 – 60.
- Griggs, S.A. (1991). *Learning styles counseling*. Arbor: Clearinghouse on Counseling and Personnel Services.

- Hake, R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: a six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *Amer. J. Phys.*, 66, 64 – 74.
- Henriques, L. (2002). Preparing tomorrow's science teachers to use technology: an example from the field. *Contemporary Issues Technology & Teacher Education*, 2(1), 3 – 18.
- Holley, J.H. & Jenkins, E.K. (1993). The relationship between student learning style and performance on various test question formats. *J. Educ. Business*, 2, 301 – 308.
- Lasry, N., Mazur, E. & Watkins, J. (2008). Peer instruction: from Harvard to community colleges. *Amer. J. Phys.*, 76, 1066 – 1069.
- Mazur, E. (1996). *Peer instruction: a user's manual*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Nicol, D.J. & Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: a model and seven principles of good feedback practice. *Studies Higher Education*, 31, 199 – 218.
- Redish, E.F. (1999). Milikan award lecture (1998): building a science of teaching physics. *Amer. J. Phys.*, 67, 562 – 573.
- Redish, E.F. (2003). A theoretical framework for physics education research: modeling student thinking. *Proc. Intern. School Physics*, 156, 1-64.
- Redish, E.F. (2014). Oersted lecture (2013): How should we think about how our students think. *Amer. J. Phys.*, 82, 537 – 551.

PLICKERS ASSISTED FORMATIVE PEER INSTRUCTION ASSESSMENT

Abstract. The article presents the potential of Plickers – an up-to-date technology that has shown its effectiveness in the formative assessment of secondary school and university students. Shown are some of specifics of the interactive methods of formative peer instruction assessment on the basis of which the authors select a well-grounded method of conducting empirical research in regard to Plickers. Partially added the tools of the study, presented also are the results from an inquiry held among students participating in the research as well as conclusions drawn through the analysis of the data base stored by Plickers.

✉ **Dr. Maya Gajdarova** (corresponding author)

Department of Physics Education
University of Sofia
5, James Bourchier Blvd.
1164 Sofia, Bulgaria
E-mail: mayag@phys.uni-sofia.bg