



СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“

Факултет по химия и фармация

Катедра „Физикохимия“

Учебно-научна лаборатория по химическо образование и история и философия на химията

КИРИЛ СЛАВЧЕВ АТАНАСОВ

АЛТЕРНАТИВНИ КОНЦЕПЦИИ (ПОГРЕШНИ СХВАЩАНИЯ) ЗА ХИМИЧНОТО РАВНОВЕСИЕ НА УЧЕНИЦИ И СТУДЕНТИ – БЪДЕЩИ УЧИТЕЛИ

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за присъждане на образователната и научна степен „доктор“

в професионално направление – 1.3 Педагогика на обучението по ...

(Методика на обучението по химия)

Научен ръководител:

доц. д-р Александрия Генджова

Резензенти:

проф. дхн Борислав Тошев

доц. д-р Йорданка Димова

София, 2019

Дисертационният труд се състои от увод, пет глави, заключение, библиография и приложения. В рамките на изложението са включени 30 таблици и 20 фигури. Дисертационната работа съдържа 5 приложения с обем 27 страници. Цитираната литература включва общо 368 източника, от които 28 – на кирилица и 340 – на латиница. Общият обем на изследването е 191 страници.

Дисертационната работа е обсъдена и насочена за защита от Катедрен съвет на Катедрата по физикохимия (Учебно-научна лаборатория по химическо образование и история и философия на химията) на Факултета по химия и фармация при Софийския университет „Св. Климент Охридски“, проведен на 16. декември 2019 г. с протокол № 9а/16. 12. 2019.

Защитата на дисертационната работа ще се проведе на 30. 03. 2020 г. от 11,00 ч. в Заседателната зала на Факултета по химия и фармация при Софийски Университет „Св. Климент Охридски“, бул. „Джеймс Баучер" № 1.

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се във Факултета по химия и фармация при Софийски Университет „Св. Климент Охридски“, бул. „Джеймс Баучер" №1, каб. 107.

УВОД

Многобройни проучвания показват, че голяма част от затрудненията на учениците в осмислянето на научните понятия се дължат на субективни идеи на учащите, чрез които те обясняват изучаваните природни явления (Sirhan, 2000). Когато тези идеи са несъвместими с научните идеи се наричат *алтернативни концепции (погрешни схващания, мисконцепции)* (Taber, 2016). Алтернативните концепции пречат на обучението по няколко причини. Те могат да бъдат дълбоко вкоренени в мисленето, но учениците често не знаят за тях. Чрез тях се интерпретира новия учебен опит и така учащите не могат да разберат правилно новата информация (Lucariello & Naff, 2013). Още по-тежко е положението, ако и учителите не подозират за мисконцепциите и вярват, че преподаваният материал се разбира (Тошев, 2014). Алтернативните концепции са много устойчиви, а заместването им с правилни е много трудно. Те могат да останат трайно неразкрити и поради всички тези причини да бъдат сериозни препятствия в постигането на значими учебни резултати.

Ето защо проблемът за погрешните схващания (мисконцепциите) в учебниците и в клас е в основните теми в световните списания в областта на Science education. У нас тази тема е застъпена бегло с някои изключения (Stojanovska et al., 2012; Тошев, 2002, 2012, 2013; Тошев & Петева, 2011; Тошев, 2014).

Изключително важно е да се идентифицират алтернативните концепции на учениците по всяка от една химическа тема и причините за тях, като първа стъпка към тяхното отстраняване, коригиране и замяна с правилни и стабилни.

Химичното равновесие се възприема като една от *най-важните*, но и *най-трудните теми* за учениците в училищния курс. Въпреки, че трудностите и мисконцепциите на учащите при изучаване на химичното равновесие, са обект на проучвания в други страни от десетилетия, не е ясно състоянието на проблема в български контекст.

Особено актуално е изследване на ученици с профил „Химия и опазване на околната среда“, защото от следващата учебна година (2020/2021) влизат в сила нови учебни програми и учебници за профилирана подготовка за втори гимназиален етап на средното образование. Важно е и състоянието на проблема за бъдещите учители по предмета.

Това ни насочи към **темата: Алтернативни концепции (погрешни схващания) за химичното равновесие на ученици и студенти – бъдещи учители.**

Необходимостта от изследване по темата може да се търси в няколко плана:
в обществен – за решаване на съществуващото противоречие между обществените изисквания към обучението на подрастващото поколение и резултатите от него;
в практически – да съдейства за подобряване на: ефективността на учебната практика по предмета в училище; подготовката на учителите; програми и учебници;
в теоретичен план – да съдейства, макар и в минимална степен, за теоретично изясняване на проблема за трудностите и мисконцепциите на учащите се по химия.

Целта на дисертационния труд е да установи какви са проблемите и алтернативните концепции (мисконцепции) на българските ученици от профилирано обучение и на студентите – бъдещи учители по химия и опазване на околната среда при изучаване на химичното равновесие.

Изследователските въпроси са:

1. Какви са предпоставките, свързани със съдържанието на понятието, които могат да повлияят на разбирането на учащите и формирането на погрешни схващания?
2. Какви са алтернативните концепции за химичното равновесие на 17 – 19 годишни ученици, обучавани в профилирана подготовка? Кои проблеми ги пораждат?
3. Какви са алтернативните концепции по темата на студентите – бъдещи учители по химия и опазване на околната среда?
4. Има ли прилика между алтернативните концепции на ученици и студенти?
5. Какви са проблемите при изучаване на химичното равновесие според учителите, преподаващи в профилирана подготовка?

За да се даде отговор на изследователските въпроси е необходимо решаването на ***следните задачи:***

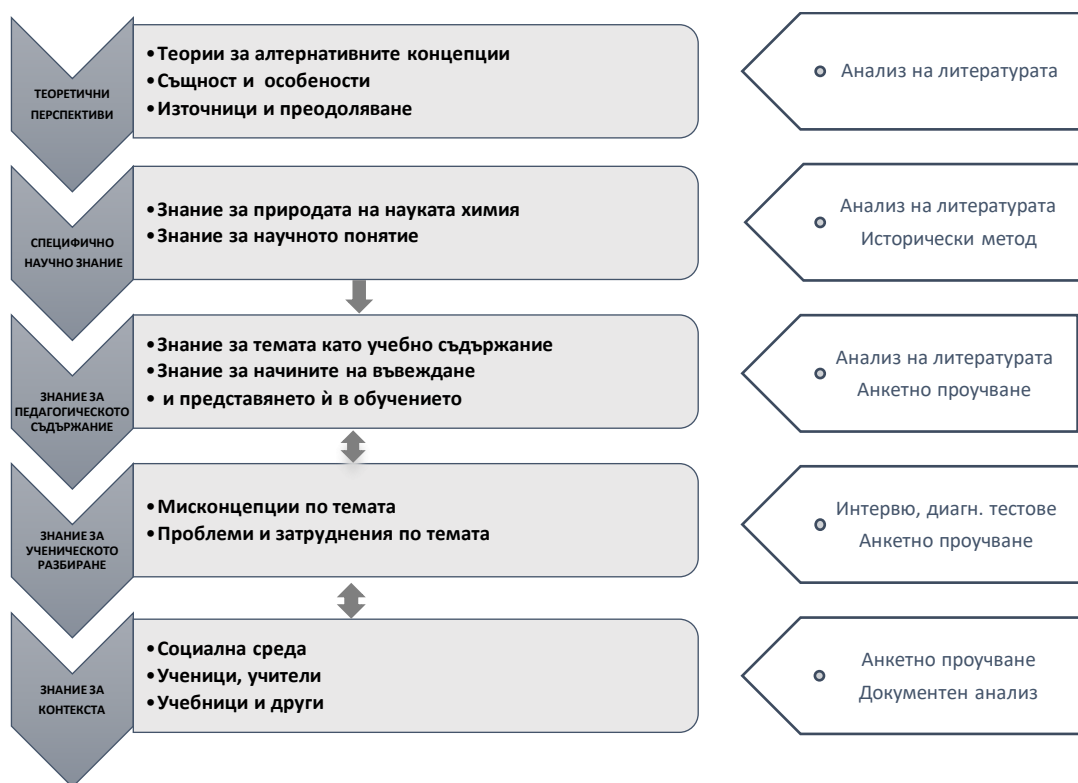
1. Да се направи проучване на проблема за алтернативните концепции в обучението.
2. Да се изяснят същността и особеностите на химичното равновесие от научна гледна точка.
3. Да се проучи и характеризира темата химично равновесие от педагогическа гледна точка.
4. Да се разработят и използват подходящи методи и методология за провеждане на емпирично изследване на погрешните схващания на ученици и студенти, както и за проучване на мнението на учителите за затрудненията по проблема.
5. Да се представят, анализират и тълкуват получените резултати по отношение на погрешните схващания и предпоставките за формирането им.
6. Да се предложат препоръки за приложение на резултатите в практиката, в бъдещи проекти и проучвания.

Концептуален модел на изследването

Концептуалният модел на изследване е разработен въз основа на теорията за концептуалната екология (Strike & Posner, 1992) и на теорията за Знание на педагогическото съдържание (РСК) на Shulman (1986), адаптирана по Grossmann (1990) и Fraser (2016), в която основен елемент са знания за разбирането, концепциите и мисконцепциите на учениците по определени теми в дадена дисциплина. Моделът на изследването е показан на ***Фигура У.1.***

Основните методи, използвани в изследването са:

1. Анализ на научната литература по проблема за алтернативните концепции;
2. Анализ на научната и учебната литература по проблема за химичното равновесие;
3. Исторически метод;
4. Предварително интервю с ученици;
5. Диагностично тестване на погрешните схващания на ученици и студенти;
6. Анкетно проучване на учителите;
7. Статистически методи за обработка и анализ на данните.



Фигура У.1. Концептуален модел на изследването

Етапи на изследването

Цялостното изследване е проведено в рамките на няколко етапа:

- 1) *Теоретико-концептуален етап*, свързан с наблюдение на педагогическата практика; проучване на литературни източници по проблема, с цел определяне на основни параметри на изследването; изграждане на концепция; разработване на модел на изследване и на съответната технология.
- 2) *Емпиричен етап*, свързан с уточняване на дизайна и провеждане на експериментално-диагностична дейност за изследване на алтернативните концепции.
Емпиричният етап включва няколко подетапа: пилотно изследване на първоначалния диагностичен тест през януари – февруари 2017 г.; повторно изследване на подобрен вариант на дидактическия тест за ученици през януари 2018 г.; основно изследване на ученици – януари – февруари 2018 г.; изследване на студенти – бъдещи учители през януари 2017 – март 2019 г.; анкетиране на учители през януари 2018 – октомври 2019 г.
- 3) *Заклучително-резултативен етап*, свързан с обобщаване на събрания емпиричен материал и интерпретация на получените резултати от изследването.

Обхват на изследването

Това изследване търси информация за погрешните схващания на ученици и студенти за химичното равновесие и проблемите при изучаването му. Изследването на мiskonцепциите е ограничено до ученици от 11. и 12. клас, обучавани в профилирано обучение по химия и опазване на околната среда (общо 798, от тях – 398 ученици в предварителното и 400 – в основното изследване), от 10 училища в страната. От студентите са изследвани само студенти – бъдещи учители по химия и опазване на околната среда от Факултета по химия и фармация и Биологическия факултет на Софийския университет – общо 35. За информация за трудностите при изучаването и преподаването на темата и предпоставките за формиране на погрешните

схващания е проучено мнението на учители от 17 училища в страната – общо 20, които преподават на ученици с профилирано обучение по химия и опазване на околната среда.

Структура и основно съдържание на дисертационни труд

Дисертацията се състои от *увод, пет глави, заключение, списък на използваната литература и приложение.*

В *Увода са* разгледани *значимостта и актуалността на темата, целите и задачите, етапите и методите* на изследването, *обхвата на изследването и основните работни понятия.*

В *Първа глава* на дисертацията е направено теоретичното проучване на *проблема за алтернативните концепции.* Изяснени са теоретичните основи на проблема. Определена е същността на погрешните схващания, основните видове, източниците им, възможностите за тяхната промяна, както и примери в областта на химията.

Втора глава на дисертацията е посветена на *научните представи за химичното равновесие.* Разгледани са особеностите на химичната наука, значението на равновесието в различен научен и ежедневен контекст, както и еволюцията и историческото развитие на идеите за химичното равновесие. Потърсени са съдържанието и обема на понятието химично равновесие от перспективата на химичната наука и спецификата му, произлизаща от своеобразната природа на химичното знание.

Трета глава разглежда химичното равновесие от гледна точка на неговото *преподаване и изучаване в средното училище.* Представени са особеностите на темата за химичното равновесие като част от учебното съдържание. Потърсено е мястото на темата в българските учебни програми и учебници, и възможни предпоставки за формиране на погрешни схващания у учениците. Анализирани са проблемите при въвеждането, развитието и приложението на идеите за химично равновесие. Разгледани са научни резултати от други изследвания за мiskonцепции по темата.

Четвърта глава описва *методологията на емпиричното изследване* на погрешните схващания на ученици и студенти – бъдещи учители, и на мнението на настоящи учители по проблема по отношение на *дизайна на изследването, извадките, инструментариума, провеждането и начина за анализиране на резултатите.*

Пета глава представя резултати за основните проблеми и погрешни схващания за химичното равновесие на ученици и на студенти, тяхното тълкуване, сравнение помежду им и съпоставка с резултатите на сходни изследвания.

В *Заключението* са направени изводи и обобщения, в съответствие с анализирани резултати. Коментирани са степента на изпълнение на задачите, както и отговорите на изследователските въпроси. Очертана е значимостта на изследването, ограниченията му, приносите на изследването, предложенията за практическо приложение на резултатите и перспективите за по-нататъшни изследвания на проблема.

ГЛАВА 1. СЪЩНОСТ НА ПРОБЛЕМА ЗА АЛТЕРНАТИВНИТЕ КОНЦЕПЦИИ

1.1. Теоретични перспективи за разглеждане на проблема

Теоретичната перспектива на тази работа е конструктивистката теория и по точно подходът за мислене за ученето, известен като *персонален конструктивизъм*. Персоналният конструктивизъм се фокусира върху отделния учещ като създател на личен смисъл (значение) и счита, че ученето е процес на интерпретация на опита, при използване на предварително наученото като основа за новото учене. От тази гледна точка ученето е: *итеративно* (тъй като новото учене се основава на съществуващото разбиране); *интерпретативно* (тъй като индивидът се позовава на вътрешни интерпретационни ресурси, като съществуващите си концепции, за осмисляне на новата информация); *постепенно* (тъй като човешката познавателна система може да изгражда нови знания само с ограничена скорост и е необходимо време за новото обучение да бъде консолидирано достатъчно, за да може да действа като здрава основа за по-нататъшно обучение) Всеки *обучаем* има своя собствена, гледна точка, основана на съществуващите знания, опит и ценности. Докато възприемат всяко ново преживяване, учащите *актуализират мисловните си модели*, за да отразяват новата информация и следователно конструират *собствена интерпретация на реалността*. Един и същи начин на преподаване или дейност може да доведе до различно учене от всеки от учащите, тъй като *субективните им интерпретации се различават*. Преди започване на обучението учителите трябва да намерят начини да получат точна картина на *съществуващите концепции на учениците* в техния собствен смислов контекст, в съвкупност от взаимосвързани концептуални компоненти, тоест тяхната концептуална екология (Taber, 2009a, 2009b, 2009c, 2014, Тафрова-Григорова, 2016, Strike & Posner, 1992).

1.2. Същност и характеристики на алтернативните концепции

Субективните мисловни модели на учащите, различни от общоприетите научни идеи, се наричат *алтернативни концепции (alternative conceptions) или погрешни схващания (misconceptions)* Понятията *алтернативна концепция* и *погрешно схващане, мисконцепция* могат се използват като синоними, но някои автори им придават различни значения .

Прегледът на литературата по въпроса показва, че: Учениците стигат до формалното обучение по природни науки с разнообразен набор от алтернативни концепции за природни обекти и събития. Алтернативните концепции, с които учащите идват, са независими от възрастта, способностите, пола и културните граници. Те са изненадващо устойчиви на промяна чрез традиционните методи преподаване. Алтернативните схващания на учениците често обясняват природните явления по начин, подобен на този на предишни поколения учени и философи. На учителите често се предписват същите алтернативни концепции като на техните ученици. Учителите могат неволно да предават тези мисконцепции на своите ученици. Предварителните знания на учащия взаимодействат със знанията, представени от формалното обучение, което води до разнообразен набор от нежелани резултати от обучението. Учебните подходи, които улесняват концептуалната промяна могат да бъдат ефективни инструменти в клас (Gilbert & Swift, 1985; Novak, 1988; Garnett & Hackling, 1995; Keig, 1990; Nakleh, 1992; Sange, 1996; Lin & Cheng, 2000; Treagust, Duit & Fraser, 1996; De Jong & Taber, 2014; Taber, 2009 a, 2009 b, 2009c, 2014, 2016; Konicek-Moran & Keely, 2015).

1.3. Източници на алтернативни концепции

Развитието на правилни концепции на учениците по химия е желан резултат, който изисква първо да се разграничат и проучат причините, които водят до възникване на погрешни схващания. Погрешните схващания могат да произхождат от: личния опит и предварителни

представи на учениците (Konicek-Moran & Keely, 2015; Fleer, 1999), неточния език (Parageorgiou и Sakka (2000), начина на преподаването (Johnstone et al., 1977; Hackling & Garnett, 1985; Quílez & Solaz, 1995; Tyson et al., 1999; Özmen, 2008), неправилния контекст на преподаване (Maskill & Cachapuz, 1989; Pedrosa & Dias, 2000); учителите (Birk & Kurtz, 1999; Lin & Cheng, 2000), грешки в учебниците (Тошев, 2013; Тошев & Петева, 2011; Тошев, 2014), социалното взаимодействие (Burgoon, Heddle, & Duran, 2010; Stojanovska et al., 2015), и др.

1.4. Преодоляването на погрешните схващания

Преодоляването на погрешните схващания се нарича концептуална промяна. Това е процес на учене, при който съдържанието на индивидуалните концепции на учениците и взаимоотношенията между тях се променят (Hewson, 1992). Има различни теоретични модели за концептуална промяна: *епистемологичен модел* на Posner et al. (1982) и *онтологичен модел* на Chi (1992) и Chi et al. (1994) и модел на *концептуална промяна чрез афективно-социални аспекти и характеристики на обучаемия* по Sinatra & Pintrich (2003). Amin et al. (2014) обобщават множество изследвания и стигат до извода, че за системното разбиране на ученическите концепции трябва да се отчитат: онтологични фактори, епистемологични ресурси, различни модели на учащите се, както и спецификата на научната област.

1.5. Погрешни схващания в химията

Изследвания в областта на химическото образование показват, че има редица идентифицирани алтернативни концепции в отделни конкретни тематични области на химията, включително и по отношение на химичното равновесие.

За да се диагностицират проблемите и алтернативните концепции на учениците е важно е да се характеризират особеностите на химичното равновесие като научно понятие и като тема от учебното съдържание.

ГЛАВА 2. НАУЧНИ ПРЕДСТАВИ ЗА ХИМИЧНОТО РАВНОВЕСИЕ

2.1. Особенности на химичното знание. Химично равновесие

Химията е експериментална наука, свързана е с практиката и с други науки. Съдържанието ѝ може да се обедини около централни идеи, свързани с практиката за определяне и характеризирани на веществата и на химичните процеси. Химичното знание включва използването на модели, абстрактност и обяснения на макро-, микро- и символно ниво. Представата за трите нива или области на химичното знание (Johnstone, 2000) – макроскопско, микроскопско (субмикроскопско) и символно – т.нар. *химически триплет* се е превърнала в *парадигма в областта на обучението по химия*. Една от основните характеристики на химията е постоянното взаимодействие между макроскопските и микроскопски нива на мислене. Химията разглежда веществата, техните свойства и реакции на макроскопско ниво и чрез структурни модели на субмикроскопско ниво. Тези модели се използват да осигурят теоретични обяснения на молекулно ниво, за да се разберат явленията, наблюдавани на макроскопско ниво (Taber, 2001b).

2.2. Равновесието като състояние на системите

Равновесието е термин, който се използва в ежедневието и в различни науки - във физиката, химията, биологията, психологията, социологията и икономиката. Равновесието се явява интегрално понятие, описва състоянието на различни системи и преминава отвъд дисциплинарните граници. Притежава обща характеристика – неизменност на параметри с течение на времето, при постоянни условия, която се дължи се на стремежа за баланс на силите или за минимум енергия.

2.3. Развитие на научните представи за химичното равновесие.

Историята на науката може да помогне за разбирането и оценяването на трудностите при ученето и погрешните схващания на учениците (Bybee et al., 1991; Matthews, 1994; Kim & Irving, 2010). За разбирането на химичното равновесие са важни идеите за реакцията, непротичаща докрай; химическа обратимост; динамика на химичното равновесие и равновесна константа (Van Driel et al. 1998; Van Driel & Gräber, 2002; Quílez, 2004; 2008). Еволюцията на представите за химичното равновесие е разгледана в следната историческа последователност: *Идеята за избирателния афинитет за реакции, протичащи докрай и които са необратими; Идеята за „химическо действие“ за реакции, непротичащи докрай и обратими, статичен характер на химичното равновесие; Представата за динамичния характер на химичното равновесие от гледна точка на молекулната кинетика; Термодинамичен подход към химичното равновесие.*

В резултат на историческия преглед става ясно, че представите за химичното равновесие се развиват в исторически план от статичното към динамичното им тълкуване и от качествено към количествено им определяне. Както математическото мислене, така и молекулната динамика са ключови теоретични инструменти в обяснението на равновесните реакции (Quílez, 2008). Химичното равновесие отразява специфичната природа на химията и включва различните нива на представяне и мислене, според химичния триплет на Johnstone (2000) – макроскопско, субмикроскопско и символно (**Таблица 2.2.**).

Таблица 2.2. Идеи, свързани с химичното равновесие, представени на различни нива

Нива	Обратими реакции	Химично равновесие	Влияние върху система в равновесие
Макро	В зависимост от условията, протичат в права и в обратна посока. Не протичат докрай. В системата съществуват реагенти и продукти.	Статично състояние - няма видимо изменение в свойствата на системата. Постоянен състав при постоянни условия (в затворена система). Състояние с минимум свободна енергия на Гибс (или Хелмхолц).	Промяната в условията, при които е установено химичното равновесие, води до неговото нарушаване (изместване или отклонение) и до установяване на ново равновесно състояние. Принцип на Льо Шателие – Браун. Демонстрация на принципа.
Субмикро	Микроскопската обратимост е резултат от противоположни елементарни реакции, протичащи едновременно.	Динамично състояние - противоположни реакции с еднакви скорости. Обяснява се с теорията на активните удари. Обяснява чрез вероятностите за протичане на реакции на микро ниво.	Обяснение на принципа на Льо Шателие – Браун. Обяснение чрез теорията на активните удари. Обяснение чрез различната вероятност за протичане на реакции на микро ниво.
Символно	Двупосочни стрелки в химичното уравнение.	Двупосочни полустрелки в химичното уравнение. Закон за действие на масите или израз за равновесна константа (K). Равенство $K = Q$. Условия за равновесие, чрез уравненията за свободна енергия на Гибс (или Хелмхолц).	Сравняване на равновесната константа (K) и реакционния коефициент (Q). Уравнение на Ван'т Хоф – количествено определяне на влиянието на температурата върху равновесната константа.

Химичното равновесие има типичните черти на химичното знание. То е абстрактно и сложно понятие, необяснимо без използване на аналогии или модели. Наблюдаваните явления, свързани с химичното равновесие, се концептуализират не само на макроскопско ниво, но и по отношение на теоретичните модели на структурата на материята на субмикроскопско ниво

(Taber, 2001b, Dumon & Mzoughi-Khadhraoui, 2014). За обяснението на химичното равновесие се използва модели, основани на термодинамиката и химичната кинетика (Atkins & de Paula, 2006; Brown et al., 2012; Van Driel & Gräber, 2002) Въпреки че химичното равновесие изглежда статично на макроскопско ниво, то е динамично на субмикроскопско ниво. Извършват се две противоположни реакции с еднакви скорости (Brown et al., 2012), или с равни вероятности (Silverberg, 2015), така че съставът на системата не се променя.

ГЛАВА 3. ХИМИЧНОТО РАВНОВЕСИЕ В УЧИЛИЩНИЯ КУРС – ПРОБЛЕМИ И МИСКОНЦЕПЦИИ

3.1. Темата за химично равновесие в училищния курс по химия

Темата за химично равновесие е централна в училищния курс по химия. Тя може да се определи като част от подсистемата *Химични реакции* (според българската методическа категоризация) или като подкатегория на категорията *Химична реактивоспособност* (по Talanquer, 2013). Концептуалното разбиране на темата е необходимо за задълбоченото теоретично разбиране на химичните процеси и за развитието на понятието *химична реакция*. Знанията за химичното равновесие играят важна роля за разкриване същността на киселинно-основните равновесия (*pH*, буферни разтвори, индикатори), разтворимостта на продуктите, окислително-редукционните равновесия, образуването и стабилността на комплексните съединения и др. Само чрез осмислянето на идеите за химичното равновесие учениците могат да получат вярна научна картина на света, да разбират процесите в природата, така и за тези в ежедневието, и в човешкия организъм. Вникването в същността на химичното равновесие и факторите, които влияят върху система в химично равновесие е от огромно значение за контрола върху химичните процеси в производството.

Важна особеност на темата за химичното равновесие е, че тя едновременно зависи от и интегрира множество понятия и идеи в химията. Проблемите с химичното равновесие включват не само *уникалните за него понятия* и закономерности като: химично равновесие, обратими процеси, равновесна константа, динамичност, фактори, влияещи върху система в равновесие, принцип на Льо Шателие-Браун, но и много други понятия.

За разбирането на химичното равновесие са необходими голям брой *базови понятия* от различни области като: *Вещества и техния строеж*: вещество, смеси, хомогенни (еднородни) и хетерогенни (нееднородни) смеси; градивни частици, прости и сложни вещества, строеж на веществата, химични означения и терминология; *Химични процеси*: химична реакция; условия и признаци за протичането ѝ, видове химични реакции, закон за запазване на масата на веществата, записване и изравняване на химични уравнения; *Величини и зависимости*: масова част на вещество в смес, мол, количество вещество, молна маса, молен обем, молна концентрация и др.

При изучаването на учебното съдържание по темата се реализират *вътрешнопредметни връзки* с области като *Химична термодинамика*: енталпия (топлина) на образуване, енталпия (топлина) на реакцията, спонтанност, температура, ентропия, принципи на термодинамиката, свободна енергия на Гибс и на Хелмхолц и *Химична кинетика*: скорост на химична реакция, кинетично уравнение, механизъм, елементарен акт, активираща енергия, катализатор и др.

В процеса на обучение се осъществяват междупредметни връзки с физиката: физични понятия и закономерности в областта на *свойствата на газове и молекулно-кинетичната теория (МКТ)* като: обем, налягане, температура, газови смеси, закон за състоянието на идеалния газ други газови закони, молекулно-кинетична теория и др.

За разбирането и прилагането на идеите на химичното равновесие са необходими *знания и умения по математика, както и редица ключови умения*.

Основни концептуални потребности преди изучаване на темата за химично равновесие са представени на **фигура 3.1.**



Фигура 3.1. Основни концептуални потребности преди изучаване на *химичното равновесие*

Изучаването на теорията за химичното равновесие изисква от учениците добре развито абстрактно-логическо мислене, защото повечето нови, както и базовите понятия са сложни и абстрактни. Те натоварват оперативната памет на учениците. За обяснението им е необходимо използване на аналогии или модели.

За разбирането на основните идеи се налага постоянното взаимодействие между макроскопското и микроскопското ниво на мислене. Представянето им на символно ниво, от своя страна, изисква умения за работа с математически и химични символи, формули, уравнения, графики, както и за обработка на данни.

3.2. Химичното равновесие в учебните програми

За да се установи мястото на темата за химичното равновесие в учебната документация са разгледани старите учебни програми за профилирана подготовка по химия и опазване на околната среда (ХООС – ПП) за 10., 11. и 12. клас и задължителна подготовка (ХООС – ЗП) в 10. клас и новите учебни програми (ХООС) за 10. клас и (ХООС – ПП) за 11. клас. Разгледани са очакваните резултати по темата, новите понятия и нивата на представянето им, вътрешно и междупредметните връзки, и нивата на мислене, които се изискват от учениците. Прегледът показва, че новите учебни програми за профилирана подготовка създават по-добри условия за разбиране на темата за химичното равновесие. При прегледа на програмите по човекът и природата (ЧП) за 5. и 6. клас, ХООС за 7., 8., 9. и 10. клас, физика и астрономия (ФА) за 7., 8., 9. и 10. клас и (ХООС – ПП) за 11. клас са изведени *базовите знания, междупредметните и вътрешнопредметните връзки по темата*. Те са групирани в съдържателни области: *Вещества и строеж на веществата, Химични реакции, Общи величини и зависимости, Свойства на газовете и кинетична теория, Химична кинетика, Химична термодинамика* и са разгледани на макро, субмикро и символно ниво. При анализа на учебните програми бе констатирано, че липсват някои понятия, които биха подпомогнали разбирането по темата за химичното равновесие като: закон за състоянието на идеалния газ, парциално налягане, закон на Далтон за парциалното налягане, теоретичен добив и други.

3.3. Формиране и развитие на представите за химичното равновесие в учебниците

При анализа на действащите български учебници по ХООС за профилирана подготовка е установено, че те следват целите, заложените в учебните програми. В тях се акцентира главно на кинетичния подход. Липсват достатъчно графики, аналогии, визуализации и модели, на макро и микро ниво, с които биха спомогнали за по-лесното усвояване и разбиране на тези нови и абстрактни за учениците представи. Предпоставки за формиране на погрешни схващания у учениците могат да са и някои неточни твърдения, задачи, схеми, както и методическите подходи, заложените в учебната документация по предмета.

3.4. Проблеми при преподаване и изучаване на химичното равновесие

Развитието на научните идеи за химичното равновесие намира своето отражение в подходите при въвеждане на представите за химично равновесие. Най-общо те могат да се разделят на кинетичен и термодинамичен подход за достигане до закона за равновесието. За обяснение и предсказване на промените в система в състояние на химично равновесие под действие на външни фактори се прилага полукачествен модел (принцип на Льо Шателие – Браун, ПЛШБ) или количествен модел чрез равновесната константа.

Разгледани са трудностите и погрешните схващания, свързани с химичното равновесие според появата им в хода на обучението: проблеми при *въвеждането на идеята за химично равновесие*; проблеми, свързани с *разбиране на природата на химичното равновесие*; проблеми при *използване на полукачествения модел на принципа на Льо Шателие- Браун за обяснение и предсказване на промените в система в химично равновесие*; проблеми при *използване на количествени модели за обяснение и прогнозиране на промените в система в състояние на химичното равновесие*.

Установено е, че за обяснението на понятието се използват думи и изрази, които имат различно значение в ежедневието или в други научни области, от смисъла, вложен в химичния текст. С темата се въвеждат нови представи за химичните процеси, изискващи концептуална промяна у учениците.

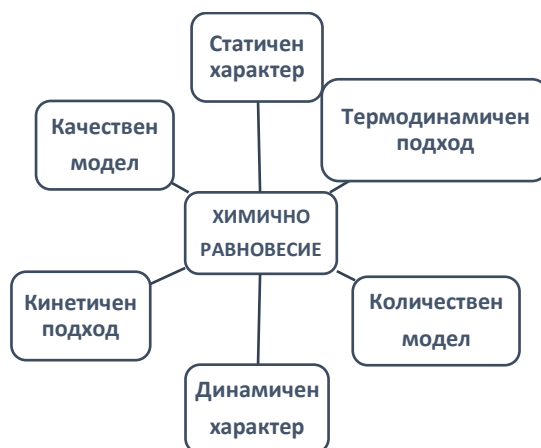
Единственото видимо ниво на представяне при другите химични обекти – макроскопското, при химичното равновесие е невидимо, защото на макро ниво химичното равновесие е статично, но пък на субмикро е динамично.

С въвеждането на химичното равновесие чрез кинетичния подход в обучението се залагат предпоставки за обяснение на термодинамични понятия с кинетични знания. Освен това чрез този подход не може да се предскаже посоката на протичане на химичните процеси, т.е. чрез него не може да се даде на учениците научно вярна картина на света. В днешно време все повече се избягва включването на кинетичният извод на закона за действие на масите в учебниците.

Химичното равновесие може да бъде въведено в обучението полукачествено или количествено. При това, ако безкритично се използват емпирични принципи, методически може да се зложат мисконцепции при изучаването му.

При решаване на количествени задачи, свързани с химичното равновесие се появяват проблеми поради алгоритмичното използване на моделите за обясняване и предсказване на промените в система в химично равновесие.

Като цяло могат да се обобщат разгледаните проблеми при въвеждането и прилагането на идеите на химичното равновесие в училищната практика на **Фигура 3.2**.



Фигура 3.2. Особености на темата *химично равновесие*, свързани с начините на преподаване и изучаване

3.5. Алтернативни концепции за химичното равновесие

Изследвания на ученически, студентски и учителски погрешни схващания, свързани с химичното равновесие, се провеждат в много страни. За оценката им се използват диагностични средства като интервюта, диагностични тестове с отворен отговор, с множествен отговор и многостепенни тестове и др. Резултатите показват различен дял на учащите с погрешни схващания и различен брой мiskonцепции по темата. Karpudewan et al. (2015) докладват 8 мiskonцепции за 21 % от извадката от 56 гимназисти; Hackling & Garnett (1985) – 14 при 33,4% от 30 ученици от 12. клас; Bilgin et al. (2003) – 29 при 34,3% от 216 ученици от 11.клас; Wheeler & Kass (1978) – 29 при 57,3% от 99 ученици от 12.клас. Като цяло учениците с погрешни схващания са от 20 до 60%, а мiskonцепциите им са между 8 и 30. При изследвания на студенти: Voska & Heikkinen (2000) намират 11 мiskonцепции при 23,5% от 95 първокурсници; Özmen (2008) – 15 при 23% от 90 студенти – бъдещи учители; Banerjee (1991) – мiskonцепции при 25,7% от 162 студенти, а Quílez-Pardo & Solaz-Portolés (1995) – 19 при 69,6% от 170 студенти. Като цяло, студентите с погрешни схващания са от 23% до 70%, а мiskonцепциите им – от 8 и 20.

Идентифицираните алтернативни концепции, свързани с химичното равновесие, могат да се отнасят към различни области на знанието (**Таблица 3.3.**)

Таблица 3.3. Основни изследователски резултати в литературата, свързани с области на съдържанието за химичното равновесие

Източници	Алтернативни концепции, свързани с:
Hackling & Garnett, 1985; Gussarsky & Gorodetsky, 1986, 1988; Banerjee, 1991; Griffiths, 1994; Turányia & Tóth, 2013;	Дефиниране и установяване на химично равновесие
Thomas & Schwenz, 1998; Bergquist & Heikkinen, 1990; Van Driel et al., 1999; Özmen, 2008	Динамичност на равновесието
Hackling & Garnett, 1985; Gussarsky & Gorodetsky, 1986, 1988; Bergquist & Heikkinen, 1990; Özmen, 2008; Karpudewan et al., 2015	Равновесна константа
Thomas & Schwenz, 1998; Tyson et al., 1999; Voska & Heikkinen, 2000; Cheung, 2004, 2009; Karpudewan et al., 2015; Gussarsky & Gorodetsky, 1986, 1988; Wheeler & Kass, 1978	Влияние върху система в химично равновесие
Maskill & Cachapuz, 1989; Bergquist & Heikkinen, 1990; Solaz & Quílez, 1995, 2001; Cheung, 2009	Принцип на Льо Шателие – Браун
Banerjee, 1991; Erdemir et al., 2000; Sözbilir et al., 2010; Özmen, 2008; Banerjee, 1991;	Кинетика и равновесие
Banerjee, 1995; Van Driel & Gräber, 2002; Sözbilir et al., 2010	Термодинамика

ГЛАВА 4. МЕТОДОЛОГИЯ НА ЕМПИРИЧНОТО ИЗСЛЕДВАНЕ НА АЛТЕРНАТИВНИТЕ КОНЦЕПЦИИ

4.1. Дизайн на изследването

Изследователският дизайн е набор от методи и процедури, използвани за събиране и анализиране на променливите на изследването (Creswell, 2017).

Според своя дизайн настоящото изследване може да бъде класифицирано като изследване от описателен тип (Creswell, 2017).

Според някои негови характеристики, то може да бъде идентифицирано като проучване, етнографско изследване и изследване на отделен случай (Cohen, Manion, Morrison, 2017). Неговият дизайн позволява да се събере и предостави описателна, доказателствена и обяснителна информация по изследваните проблеми.

Изследването е също от смесен, качествено-количествен тип, защото в него се прилагат елементи от качествени и количествени изследователски методи с цел по-задълбоченото разбиране на проблемите (Creswell, 2017).

Като качествени методи са използвани интервюта, а като количествени методи – проучване с диагностични тестове, анкети и статистическа обработка на резултатите. Това включва използване на разнообразни въпроси, като например с множествен избор, затворени въпроси и въпроси от отворен тип за събиране на данни.

В изследването също така е направено е пилотно проучване и преразглеждане на инструментите, с цел подобряване на тяхната точност. Събраните данни са обобщени и анализирани от гледна точка на целите на изследването.

Смесените методи позволяват съчетаване на количествените и качествените резултати, за да се изяснят по-добре проблемите и перспективите, свързани с погрешните схващания при изучаване и преподаване на химично равновесие и да се дадат полезни препоръки и предложения.

4.2. Извадки

Извадка на ученици

Основната целева група на това изследване са гимназистите, които изучават химия и опазване на околната среда като профилиращ предмет. За определяне на извадката бе използван случаен метод на подбор на природоматематически гимназии и средни училища, в които се изучава химия и опазване на околната среда като профилиращ предмет. На общо 12 училища бяха изпратени имейли с молба за участие в изследването. На тези училища, чиито представители проявиха желание да вземат участие в изследването, им бе изпратен заявения брой диагностични тестове и бланки за верни отговори. В предварителното тестиране са включени 398 ученика. В основното тестиране, което ще бъде разгледано в дисертацията, участват общо 400 ученици (N = 400) на възраст 17 – 19 години от 11. и 12. клас. Извадката е съставена от 226 (56,5%) девойки и 174 (43,5%) – младежи. Те са от 7 училища – НПМГ, ПМГ, МГ, СУ с профил. Мнозинството от изследваните (87%) са от природоматематически или математически гимназии от страната. Една малка част от тях, 13%, са от средно училище с паралелки с профилирано изучаване на химия и опазване на околната среда и биология и здравно образование. Основното тестирането е проведено началото на календарната 2018 г.

Извадка на студенти – бъдещи учители

Общо 35 студенти – бъдещи учители от бакалавърски (БП) и магистърски програми (МП) на ФХФ и БФ на СУ “Кл. Охридски участват в изследването в периода 2017 – 2019 година. Те са на възраст между 23 и 44 години като 9 (26%) са мъже и 26 (74%) – жени. От изследваните

студенти: 24 (74%) са от Факултета по химия и фармация: 14 от БП и Модул “Учител по химия” , 1 от БП „Химия и информатика“, 9 са от МП „Учител по химия“; 11 (26%) от изследваните студенти са от БП „Биология и химия“ към БФ. По време на тестирането, всички студентите от БП са в 4. курс, а тези от МП са от 1. курс.

Извадка на учители

Изборът на учителите, преподаващи на ученици профил е направен по целесъобразност. Подбрани са 20 учители, преподаващи на тестираните ученици (50% от тях) и техни колеги, които работят на ниво профилирана подготовка в общо 16 училища - НППМГ, ПМГ, МГ, СУ с профил. Всички анкетирани са жени (100%) с педагогически стаж 10 – 35 години, което ги причислява към групата на старши учители.

4.3. Инструментарий

Изследователските инструменти, използвани в емпиричното изследване са диагностични тестове, анкетни карти и интервюта.

Диагностичните тестове са избрани за основен инструмент, защото те се разглеждат като ефективен инструмент за оценяване и определяне на концептуалното разбиране и алтернативните концепции на учащите (Treagust, 1988; Odom & Barrow, 1995; Chu et al., 2009; Tsui & Treagust, 2010). Въпросите от този вид тестове позволяват на изследователите да определят причините за избора на учениците (Özmen, 2008) и са за предпочитане от времеемките персонални интервюта (Kapudewan et al., 2015).

Въпросникът (анкетната карта) е избран, защото е лесен за администриране и анкетираните могат да отговорят на въпросите съобразно собственото си време и предпочитан темп на работа.

Полуструктурираните интервюта са използвани само като помощен инструмент за събирането на данни при разработване на тестовете за изследването.

При разработването на диагностичен тест за разкриване на ученически алтернативни концепции е използвана методологията препоръчана от Treagust (1988, 1995) В първия етап на съставянето на теста са дефинирани рамките на знанията, които се очаква да притежават учениците. Въз основа на това и на основните понятия по темата е разработена понятийна (концептуална) карта, която дава възможност на изследователя внимателно да обмисли същината на съдържанието (Treagust, 1988). Вторият етап започна с подробен литературен преглед на научни публикации, свързани с идентифициране и отстраняване на ученически/студентски алтернативни концепции върху химично равновесие. По този начин бе създадена банка с информация и данни, която се използва при разработването на различните типове задачи (задачи с множествени изборни отговори; задачи за взаимовръзки; задачи с алтернативни отговори и др.). За да се разшири гледната точка върху ученическото/студентско разбиране по изследваната тема са проведени интервюта с обучаемите, които наскоро са изучили темата. Това даде възможност за разкриване на нови проблемни области и погрешни схващания, което от своя страна да се използва отново при съставянето на теста. Въпросите за интервюта са подбрани от проучената научна литература и учебници. За удобство бе създаден макетен (mock-up) вариант на пилотния диагностичния тест. Повечето въпроси от теста изискват учениците да мислят и отговарят без да правят никакви изчисления, за да прогнозираат правилния отговор, където възможните отговори или твърдения са проектирани така, че да отразяват погрешните им схващания. В третия етап бе съставен първия вариант на диагностичния тест. Пилотната версия на теста съдържа 15 тестови задачи, обхващащи темите за химично равновесие, като повечето с въпроси са от многократно апробирани тестове

(Özmen, 2008; Cheung, 2009; Karpudewan et al., 2015) Тестови елементи могат да се групират в три типа задачи: двустепенни диагностични; със свободни отговори и с алтернативни отговори.

За валидиране на теста той бе даден за преглед на университетски преподаватели и учители, преподаващи в профилирана подготовка, които го върнаха с коментари и препоръки. Бе направено преформулиране и разбиване на въпросите на по-прости елементи според препоръките на валидиращите. Експертите потвърдиха, че тестовите задачи са свързани с учебното съдържание, което е обект на проверката, което е показател за неговата съдържателната валидност (по Тафрова-Григорова, 2007). Следователно тестът бе подходящ за студенти и за ученици, изучаващи химия и опазване на околната среда на по-високо ниво.

За определяне на надеждността на инструмента е направено проучване на валидните резултати на 80 ученици на база на 15 тестови елемента, алфа на Кронбах на теста е 0,689, което е близко до приемливото за провеждане на изследване в областта на образованието.

Пилотният тест бе използван за диагностика на погрешните схващания на студенти – бъдещи учители. Тестовите задачи на теста са подготвени за откриване на концептуалното разбиране, свързано с химичното равновесие в няколко области. Задачи 1.1, 1.2 и 4 касаят промени в равновесните условия на система в химично равновесие. Те са по Quílez & Solaz (1995), Banerjee (1991), Karpudewan et al. (2015), Tyson et al. (1999) и Özmen (2008). Задача 2 е свързана с установяване на химично равновесие по Turanyia & Toth (2013). Задачи 3.1 и 3.2 са насочени към химично равновесие в хетерогенни системи по Quílez & Solaz (1995); Tyson et al. (1999); Özmen (2008); Karpudewan et al. (2015). Задачи 5 и 6 касаят свързването на химична кинетика, термодинамика и равновесие по (Sözbilir et al., 2010), Özmen, 2008, а 7 и 8 – промени в равновесните условия и изразяване на равновесна константа по Quílez & Solaz (1995); Karpudewan et al. (2015); SACE (2017)¹.

След провеждане на теста с ученици и анализ на получените резултати тестът се усъвършенства, като проблемните задачи бяха преформулирани и подобрени. Степента на трудност на тези задачи, които отговарят на препоръките по Dhindsa & Treagust (2009) останаха в окончателния вариант на теста за гимназистите. Тестът бе разширен като бяха включени още задачи, свързани с функция на катализатора, равновесие в хетерогенни системи, дефиниране и установяване на химично равновесие.

Поради високото ниво на трудност на задачите за ученици със свободен отговор, изискващи чертаене на диаграма, пресмятане на равновесна константа или извличане на информация от графика, тези задачи бяха редактирани по тип и съдържание. В окончателния вариант на теста също добавихме и задачи, които да засегнат алтернативни концепции, отнасящи се до изразяване и зависимости на равновесна константа.

Окончателният вариант на диагностичния тест, съдържащ 21 тестови елемента, е подготвен след обстоен преглед на научната литература, проведените интервюта и пилотен диагностичен тест с ученици и със студенти. В този вариант на теста повече от половината (11) тестови задачи са под формата на двустепенен диагностичен тест. Двустепенният диагностичен тест се разглежда като ефективен инструмент за оценка, за определяне на концептуалния подход към ученическото разбиране и алтернативните концепции (Treagust, 1988; Odom & Barrow, 1995; Chu et al., 2009; Tsui & Treagust, 2010). Задачите от този вид тест се наричат задачи за взаимовръзки (Тафрова-Григорова, 2007). Първата степен за всеки тестов елемент се състои от въпрос с множествени изборни отговори, включващ познаване на съдържанието. Втората степен съдържа причината или обяснението на избора в първата степен и тя включва три или четири дистрактора и един верен отговор. Дистракторите представляват алтернативни концепции, намерени от литературата и в отговорите на учениците в интервютата. Шест от тестовите задачи са с алтернативни отговори. Три от задачите са с кратък свободен отговор. Две от тях са свързани със запис на равновесната константа за хомогенна и за хетерогенна

равновесна система и една, в която трябва да се изчисли равновесната константа по данни от предоставена графика. Една задача е с множествени изборни отговори, като броят на възможните отговори е 4. При по-малко от 4 отговора нараства вероятността за налучкване, а за повече от 5 – трудно се измислят ефективни дистрактори (Гафрова-Григорова, 2007).

Тестовите задачи на финалния тест за ученици са подготвени за откриване на концептуалното разбиране, свързано с химичното равновесие в няколко области. По въпросите за достигането и същността на химичното равновесие (Q1, Q3, Q19) са използвани тестовете на Turányia & Tóth (2013); Garnett & Hackling (1985); Özmen (2008); Karpudewan et al. (2015); SACE (2017)¹; равновесие в хетерогенни системи (Q7, Q8, Q9) по Quílez & Solaz (1995); Tyson et al. (1999); Özmen (2008); Karpudewan et al. (2015); промените в равновесните условия (Q5, Q6, Q10, Q14, Q18) по Quílez & Solaz (1995); Banerjee (1991); Karpudewan et al. (2015); Tyson et al. (1999); Özmen (2008); функции на катализатора (Q4, Q17) по Voska & Heikkinen (2000); Griffiths (1994), изразяване на равновесна константа (Q2, Q20, Q21) по Quílez & Solaz (1995); Karpudewan et al. (2015); SACE (2017)¹ и кинетика и термодинамика (Q11, Q12, Q13, Q15, Q16) по Sözbilir et al. (2010); Özmen (2008)

Валидността на съдържанието на теста е определена от изследователи – експерти в областта на химическото образование. Те потвърдиха, че въпросите са подходящи за ученици, обучавани по програма за профилирана подготовка по химия.

Надеждността на инструмента за ученици е определена на база на резултатите на 101 ученици чрез сравняване на дисперсията на наблюдаваните общи тестови балове и сумата от дисперсиите на отделните компоненти на извадката по формулата на Spearman – Brown, според която Cronbach's alpha на теста е 0,796, което отговаря на изискванията за провеждане на изследване в областта на образованието.

Анкетна карта

Основната цел на анкетата с опитни учители е да се добие по-ясна представа за съдържанието, произхода и природата на трудностите, които срещат те и учениците им в темите за химично равновесие.

В началото на анкетната карта се търси информация за името и преподавателския стаж на всеки учител. С първия въпрос от анкетата се проучва преценката на учителите за трудността на области от съдържанието за химично равновесие по скала на трудност от 0 до 4 като: 0 – много лесно; 1 – сравнително лесно; 2 – има известни затруднения; 3 – трудно; 4 – много трудно. Вторият въпрос търси информация за приблизителната част от учениците, които се сблъскват с тези затруднения. Целта на следващите два въпроса е да се опишат ученическите затруднения и да разкрие природата и причините на описаните от учителя затруднения. Петият въпрос от анкетата се отнася до трудностите, които имат учителите при преподаване на темите, свързани с химично равновесие. Последният, шести въпрос изисква от учителите да посочат измежду изброени подходи, методи, дейности и техники тези, които използват за обучение по темата за химичното равновесие и да заградят онези, които според тях са най-ефективни.

4.4. Провеждане

Интервютата са проведени индивидуално с три единайсетокласнички от 73. СУ и 119. СУ в гр. София. Те изучават химия и опазване на околната среда в профилирана подготовка. Продължителността на интервютата беше между 45 – 60 мин. Според Fraenkel et al., (2011) полуструктурираните интервюта се състоят от няколко въпроса, предназначени да извлекат конкретни отговори на респондентите. Ето защо освен mock-up тест изследователят трябва да подготви няколко въпроса, за да открие погрешни схващания, които учениците имат в случая за химично равновесие. На всеки участник в интервюто му бе дадено копие от mock-up теста. Там където учениците избираха грешен отговор, интервюиращият задава допълнителните

въпроси, за да разкрие наблюдаваните погрешни схващания. Всички споменати от участниците алтернативни концепции са записани и обсъдени за възможни причини за възникването им (*в Приложение 4 са представени записаните интервюта*).

Първият вариант на диагностичния тест, т. нар. пилотен вариант, е проведен с 398 гимназисти на възраст 17 – 19 години от общо 7 училища: 5 природоматематическите гимназии в градовете Варна, Велико Търново, Гоце Делчев, Добрич, Ловеч и НПМГ – София, и 119. СУ в град София. Също така със същия вариант на теста бе направено тестиране на 35 студенти – бъдещи учители по химия и опазване на околната среда от 4. курс на различни специалности на бакалавърските програми на Факултета по химия и фармация (ФХФ) – Модул *Учител по химия и, Химия и информатика* и на Биологическия факултет (БФ) – *Биология и химия*, както и от магистърска програма *Учител по химия* на ФХФ.

Вторият, окончателен, вариант на теста бе проведен с 400 ученици на същата възраст, от които 56,5% момичета, от природоматематическите гимназии в градовете Благоевград, Велико Търново, Гоце Делчев, Перник, Плевен и от НПМГ – София. И двата варианта на теста са провеждани в периодите януари – февруари 2017 и 2018г.

И при провеждането на пилотния диагностичен тест и на неговия окончателен вариант участниците са информирани за целта на изследването. Те решават тестовите задачи по време на часовете по химия и опазване на околната среда. На всеки тестиран е предоставено копие от теста и бланка за верни отговори. На бланката, по желание, ученикът/студентът може да посочи името и класа/курса си. Времето, с което разполагат за решаването на диагностичния тест, е един учебен час от 45 мин.

На прага на въвеждането на новите учебни програми по химия и опазване на околната среда за профилирана подготовка, за втора гимназиална степен е важно да се видят проблемите, които среща учителската колегия при преподаване на темите, свързани с химично равновесие. Учителските анкети бяха изпратени на 20 учители с трудов стаж, вариращ от 10 до 35 години. На половината от учителите учениците са взели участие във финалния вариант на диагностичния тест и на 7 от тях – в пилотния вариант на диагностичния тест.

4.5. Обработка на резултатите

При обработката на резултатите *от теста* се изчислява процентът на правилните отговори за всяка от степените на теста. Отчита се и броят на грешните отговори на учениците, като се разглеждат тези, които са с относителна честота 20% или повече. Според Dhindsa & Treagust (2009) само ако неправилните отговори (дистракторите) са дадени от 20% или повече от учениците, те показват погрешно схващане на тестваните концепции. Същите автори предлагат критерий за задоволително разбиране на тестваната концепция, според който е необходимо поне 75% от учениците да дадат коректни отговори. Честотата на алтернативните концепции на учениците се изчислява въз основа на абсолютния и относителния брой на действителните отговори на учениците на тестовите елементи (задачи).

Тестовите задачи под формата на двустепенен диагностичен тест се считат за верни, ако отговорът от първата степен и причината/обяснението са правилни. Задачите с кратък свободен отговор, както и тези с алтернативни отговори имат еднозначни верни отговори. Задачата с множествени изборни отговори също има еднозначен отговор.

Данните от анкетата, получени по скала на трудност са кодирани за всеки елемент, където под 1 се приема съдържанието по темата за много лесно, над 1 – за сравнително лесно, над 2 – има известни затруднения, а над 3 е с най-висока степен на трудност.

За обработка и анализ на резултатите бе използвана главно описателна статистика. Отговорите бяха събрани и въведени в таблиците за разпределение по честотата.

ГЛАВА 5. ПРЕДСТАВЯНЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ И ОБСЪЖДАНЕ

5.1. Резултати от основния диагностичен тест с ученици

Разработеният тест е приложен за извадка от общо 400 ученици (от които 43,5% момчета) от 11. и 12. клас с цел определяне на техните концепции и алтернативни концепции, свързани с химичното равновесие. Разпределението на научноверните и погрешните концепции на учениците в цялата извадка е представено в *Таблица 5.1. на фигура 5.1.*

Таблица 5.1. Таблица на честотата на отговори на учениците от цялата извадка (N=400)

Зад.	Пол	SC	SM	NA	Зад.	SC	SM	NA	Зад.	SC	SM	NA
Q1	Ж	55	156	15	Q8	108	79	39	Q15	111	115	–
		24%	69%	7%		48%	35%	17%		49%	51%	0%
	М	43	113	18		82	50	42		94	80	–
		25%	65%	10%		47%	29%	24%		54%	46%	0%
	О	98	269	33		190	129	81		205	195	–
		25%	67%	8%		48%	32%	20		51%	49%	0%
Q2	Ж	180	22	24	Q9	115	77	34	Q16	39	187	–
		80%	10%	10%		51%	34%	15%		17%	83%	0%
	М	140	17	17		64	70	40		47	127	–
		80%	10%	10%		37%	40%	23%		27%	73%	0%
	О	320	39	41		179	147	74		86	314	–
		80%	10%	10%		45%	37%	18%		22%	78%	0%
Q3	Ж	99	72	55	Q10	43	127	56	Q17	163	63	–
		44%	32%	24%		19%	56%	25%		72%	28%	0%
	М	89	47	38		37	73	64		108	66	–
		51%	27%	22%		21%	42%	37%		62%	38%	0%
	О	188	119	93		80	200	120		271	129	–
		47%	30%	23%		20%	50%	30%		68%	32%	0%
Q4	Ж	153	52	21	Q11	43	181	2	Q18	144	82	–
		68%	23%	9%		19%	80%	1%		64%	36%	0%
	М	113	40	21		37	129	8		103	71	–
		65%	23%	12%		21%	74%	5%		59%	41%	0%
	О	266	92	42		80	310	10		247	153	–
		67%	23%	10%		20%	78%	2%		62%	38%	0%
Q5	Ж	11	160	55	Q12	63	127	36	Q19	176	50	–
		5%	71%	24%		28%	56%	16%		78%	22%	0%
	М	12	106	56		44	104	26		131	44	–
		7%	61%	32%		25%	60%	15%		75%	25%	0%
	О	23	262	111		107	214	62		307	94	–
		6%	66%	28%		27%	58%	15%		77%	23%	0%
Q6	Ж	52	79	95	Q13	45	181	–	Q20	72	154	–
		23%	35%	42%		20%	80%	0%		32%	68%	0%
	М	35	45	94		33	141	–		51	113	8
		20%	26%	54%		19%	81%	0%		30%	65%	5%
	О	87	124	189		78	322	–		124	267	9
		22%	31%	47%		20%	80%	0%		31%	67%	2%
Q7	Ж	181	45	–	Q14	66	160	–	Q21	70	75	81
		80%	20%	–		29%	71%	0%		31%	33%	36%
	М	134	35	5		54	120	–		37	45	92
		77%	20%	3%		31%	69%	0%		21%	26%	53%
	О	315	80	5		120	280	–		107	120	173
		79%	20%	1%		30%	70%	0%		27%	30%	43%

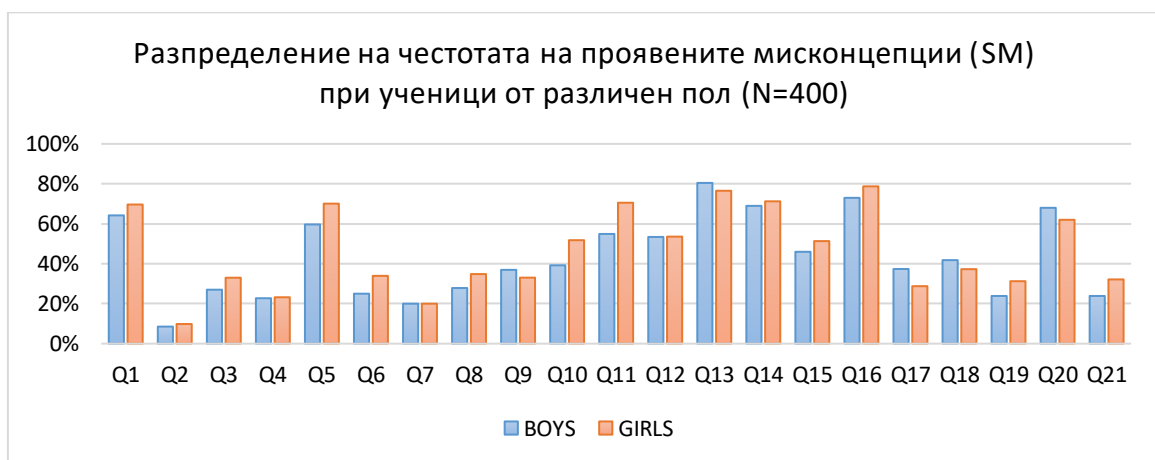
Легенда: SC – научноверни концепции на учащите, SM – ясно проявени научни мисконцепции, NA – не отговорили и други слабо изразени мисконцепции на учащите

Резултатите от проучването показват, че като цяло, няма задоволително разбиране на идеите за химичното равновесие. Средно в цялата извадка само 42% от учениците дават верни отговори, 43% – показват ясно изразените мисконцепции по темата, а 13% – имат неясно изразени мисконцепции или не отговарят.



Фигура 5.1. Разпределение на честотата на верните отговори (SC) и на яснопроявените мисконцепции (SM) на учениците по задачи.

Средно в цялата извадка 41% от момчетата и 44% от момичетата имат ясно проявени мисконцепции, не се наблюдава съществена разлика и по задачи – *фигура 5.2.*



Фигура 5.2. Разпределение на честотата на ясно проявените мисконцепции (SM) на учениците по пол и задачи.

След прилагането на теста всеки негов тестов елемент е анализиран, за да се определи разбирането на учениците и да се идентифицират алтернативните концепции за химичното равновесие. Резултатите от проучването показват, че като цяло, няма задоволително разбиране на идеите за химичното равновесие. Установени са 17 алтернативни концепции при анализа на тестовите резултати. Оформят се шест области на концептуални трудности и свързаните с тях алтернативни концепции, представени в *таблица 5.1.*, включваща само погрешните схващания, посочени от най-малко 20% от учениците.

Таблица 5.1. Обобщение на откритите погрешни схващания на учениците с профилиращ предмет химия и опазване на околната среда спрямо действителните отговори (ДО)

Области и описание на погрешните схващания на учениците	ДО	Честота	
		f	%
<i>Дефиниране и установяване на химично равновесие</i>			
В състояние на равновесие, концентрациите на участващите вещества се изравнят.	398	271	68
При установяване на равновесие правата реакция приключва преди да започне обратната.	370	111	30
<i>Промяна в равновесните условия</i>			
Увеличаване концентрацията на продукт не променя равновесната концентрация на реагентите.	400	127	32
При прибавянето на реагент (независимо от неговата концентрация) към равновесна смес, при $p=const$, $T=const$, винаги протича правата реакция.	380	190	50
Прибавянето на инертен газ към система в равновесие, при V , $T=const$, повишава общото налягане и протича реакцията, водеща до получаването на по-малък брой молекули.	388	120	32
<i>Функция на катализатора</i>			
При добавянето на катализатор към система в химично равновесие протича реакцията, при която се образуват продуктите и се увеличава добива.	400	127	32
Прибавянето на катализатор към система в равновесие, $p=const$, $T=const$, влияе по различен начин върху скоростите на правата и на обратната реакции.	395	91	23
<i>Химично равновесие в хетерогенни системи</i>			
Масата на твърдото вещество в равновесна хетерогенна система не се влияе от промени в концентрациите на останалите вещества.	393	126	32
Равновесната концентрация на разтвореното вещество в наситен разтвор се повишава при разбъркване.	400	279	70
За оценка на промените в равновесни системи винаги се използва принципът на Льо Шателие – Браун	381	141	37
<i>Изразяване и зависимости на равновесна константа</i>			
В израза за равновесната константа, при $p=const$, $T=const$, се включва „концентрацията“ на веществата в кондензирана фаза.	400	79	20
Стойността на равновесната константа при постоянна температура се променя при промяна в концентрациите на реагентите или на продуктите.	380	114	30
<i>Объркване на кинетика и химична термодинамика</i>			
По-високата стойност на равновесната константа предполага по-висока скорост на реакцията (по-ниска стойност на равновесната константа - по-ниска скорост)	381	206 (95)	54 (25)
Колкото по-висока е стойността на равновесната константа, толкова по-бързо се достига до равновесно състояние.	400	195	49
Екзотермичните реакции винаги протичат с по-голяма скорост (по-бързо винаги протичат ендотермичните реакции).	369	140 (74)	38 (20)
Ако реакцията е спонтанна, то за започването ѝ няма нужда от внасяне на допълнително количество енергия.	400	316	79
Ендотермичните реакции не могат да протичат самovolно.	400	311	78

Дефиниране и установяване на химично равновесие

Първият тестови елемент (Q1) разглежда система в равновесие, при постоянни температура и налягане: $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$. Изходно вещество е PCl_5 , с начална концентрация различна от нула. Знае се, че при достигане на равновесие по-голямата част от PCl_5 се е превърнала в PCl_3 и Cl_2 . Учениците трябва да изберат тази графика, която показва правилно изменението на концентрациите на веществата PCl_5 , PCl_3 и Cl_2 и да обяснят причините за

избора си. Верен отговор на задачата дават 27% от гимназистите, а 25% са тези, които правилно отговарят и обясняват. За голяма част (68%) от учениците равновесните концентрации на всички участващи вещества се изравняват при установяване на химично равновесие. Обясненията за това явление са различни. Вероятна причина за това погрешно схващане е аналогията, която правят учениците с графиката за изравняване на скоростите на правата и обратната реакция при достигане на равновесие, дадена в училищните учебници.

Тестови елемент Q3 разглежда същата равновесна система, в затворен съд с обем $V = 1 \text{ L}$ и $T = \text{const}$. При дадени стойности на K_c и начална концентрация на PCl_5 се търси сравнение на равновесните концентрации на PCl_3 и Cl_2 с началната концентрация на PCl_5 . Тук 55% от учениците дават верен отговор, а 51% правилно отговарят и се аргументират. 30% от учащите погрешно смятат, че равновесните концентрации на PCl_3 и Cl_2 са по-големи, поради по-големия общ брой молекули на продуктите, в сравнение с този на изходното вещество или защото правата реакция приключва преди обратната да започне, т.е. първо изцяло изходното вещество се превръща в продукти и те след това се превръщат обратно в изходното вещество.

В задача Q19 е дадена равновесна система: $\text{N}_{2(\text{г})} + 3 \text{H}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2 \text{NH}_{3(\text{г})} + Q$, с която са извършени експериментални промени, представени графично. Учениците трябва да прочетат графиката и по данни за промените в концентрациите на участващите вещества в хода на реакцията да определят интервалите от време, в които посочената система се намира в равновесие. Общо 77% от тях са дали правилни отговори, само 23% не се справят с разчитането на графиката.

Функция на катализатора

В задача Q4 се изисква сравняване на скоростта на правата и на обратната реакция при прибавяне на положителен катализатор към равновесна смес. 70% от учениците дават верен отговор, а 67% са тези, които и аргументират отговора си правилно, обяснявайки, че катализаторът ускорява правата и обратната реакции в една и съща степен. 23% от гимназистите неправилно считат, че при прибавянето на положителен катализатор се увеличава скоростта на правата реакция, защото се увеличава броя на ефективните удари между частиците на изходно вещество и се получава по-голямо количество продукти.

Концептуалното разбиране на ефекта от прибавяне на положителен катализатор към равновесната смес се проверява и със задача Q17. Верен отговор дават 68% от тестираните. 32% от учениците мислят погрешно, че добавянето на катализатор към равновесна смес благоприятства образуването на продукти и добивът им се увеличава. Според някои автори (García-Lorega et al., 2014) учениците объркват функцията на катализатора, защото го разглеждат като друг реагент. Други автори смятат, че съществуването на тези алтернативните концепции отразяват непълното разбиране на факта за съществуване на общ реакционен път и преходно състояние за правата и обратната реакция (Özmen, 2008).

Химично равновесие в хетерогенни системи

Разбирането на учениците за равновесие в хетерогенни системи се диагностицира за системата: $\text{S}_{(\text{тв})} + \text{H}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}_{(\text{г})}$, при $T, V = \text{const}$. В задача Q7 се изисква изразяване на равновесната константа. Голяма част от учениците (80%) се справят успешно с тази задача. 20% от тях включват „концентрацията“ на твърдото вещество в израза за равновесната константа. Тук трябва да се отбележи затруднението на учениците да разберат, че понятието концентрация не важи за твърдите вещества, а активността им е 1 в състояние на равновесие.

В задача Q8 учениците са попитани, дали се променя масата на твърдото вещество сяра в системата при $T, V = \text{const}$, ако се изведе известно количество от газа водород. Близко половината ученици дават верен отговор на въпроса. 32% от гимназистите считат, че масата на

сярата ще остане непроменена. Явно се допуска една от най-често срещаните грешки, която се свързва с асоциацията или отъждествяването на понятията маса и концентрация.

В задача Q9 се разглежда влиянието върху равновесната концентрация на водорода при извеждането от системата на известно количество сярна, при $T, V = \text{const}$. Половината ученици (54%) преценяват, че равновесната концентрация на водорода няма да се промени, като правилно се аргументират 47%. В отговорите на 37% се вижда, че те безкритично и неправилно прилагат принципа на Льо Шателие, при система в равновесие, включваща вещества в твърдо състояние. Учениците твърдят, че при премахване на известно количество от твърдото вещество ще протече реакция, която ще противодейства на този ефект (Tyson et al., 1999). Проблемът с твърдите вещества и чистите течности изчезва, ако се работи с активности, а не с концентрации (García-Lopera et al., 2014), но този въпрос е извън обхвата на средното училище.

Промяна в равновесните условия

Промените в равновесните условия се изследват със задачи Q5, Q6, Q10, Q14 и Q18. В първата задача Q5 към равновесната система $\text{PCl}_{5(g)} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$ се прибавя инертен по отношение на реакцията газ (азот) при $T, p = \text{const}$. Това се оказва трудна задача за учениците и независимо, че 27% от тях са посочили верния отговор, само 6% са го аргументирали вярно. Поради това задачата се изключва от разглеждането.

В задача Q6 се разглежда отново влиянието на инертен по отношение на реакцията газ (азот) върху същата равновесната смес ($\text{Cl}_2, \text{PCl}_3$ и PCl_5), но при $T, V = \text{const}$. Въпреки, че по-голямата част от учениците (54%) стигат до верния извод, че равновесната система не се повлиява от добавянето на инертен газ, повечето от тях дават грешно обяснение. Само 22% от гимназистите разсъждават вярно, че причината за това е, че независимо от повишаването на общото налягане, концентрациите на веществата не се променят. Близко една трета от учениците (31%) погрешно смятат, че внасянето на инертния газ благоприятства образуването на продукта PCl_5 . Безкритичното приложение на принципа на Льо Шателие – Браун води до грешните изводи, че при прибавянето на инертен газ при $T, V = \text{const}$, ще протече реакцията, при която повишаването на налягането да бъде сведено до минимум, т.е. ще протече реакцията, водеща до получаването на по-малък брой молекули (Driscoll, 1960). Тази задача би могла да се реши вярно, ако се използва изразът за равновесната константа (Quílez-Pardo & Solaz-Portolés, 1995).

Влиянието на промяната на концентрацията на едно от веществата в равновесната смес върху равновесния състав при $T, p = \text{const}$, се разглежда в задача Q18, въз основа на примера за дисоциацията на оцетната киселина. По-голямата част от учениците са наясно, че прибавянето на общ йон към разтвор на слаба киселина ще повлияе върху pH на разтвора. 32% от всички ученици погрешно предполагат, че увеличаването на концентрацията на един от продуктите не променя равновесните концентрации на изходните вещества.

Промените в някои външни условия не влияят върху равновесното състояние. 70% от учениците отговарят на задача Q14, че разбъркването на наситен разтвор на разтворимо твърдо вещество ще доведе до повишаване на равновесната концентрация на веществото в разтвора, т.е. чрез разбъркване се увеличава разтворимостта му. Тези алтернативни концепции са в резултат от липсата на знание както върху разтвори, така и върху химично равновесие.

В задача Q10 се разглежда разтвор на $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ с концентрация 0,5 mol/L, в който се установява равновесието: $2 \text{CrO}_4^{2-} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$, при $T, p = \text{const}$. Знае се, че CrO_4^{2-} оцветяват разтвора в жълто, а $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ – в оранжево. Учениците са попитани, какво ще се наблюдава, ако към изходния разтвор се прибави 10 mL разтвор на $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ с концентрация 0,5 mol/L. Верен отговор на този въпрос дават едва 22% от гимназистите, като вярно се аргументират 20% от тях. Половината ученици (50%) погрешно предполагат, че ще настъпи пожълтяване на равновесната смес, т.е. ще протече обратната реакция, защото в системата се

внесят повече $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ йони. Явно, че повечето от тях обръщат внимание само на добавените йони и избират отговора и посочват причината, съгласно принципа на Льо Шателие, без да вземат предвид, дали е имало промяна в концентрацията на частиците, или не.

Тези грешки са чести сред учениците и могат до голяма степен да се отдадат на методиката на преподаване. При нея не се изисква достатъчно анализ на цялостната ситуация. Повечето пъти учителите използват правила, чрез които да реагират бързо. Тези правила често са полезни, но не винаги дават верни резултати, а също и не насърчават използването на по-задълбочени разсъждения при решаване на задачите. В този аспект голяма част от алтернативните концепции е породена от твърде честото, алгоритмично прилагане на считания от учители и ученици за безпогрешен и универсален принцип на Льо Шателие – Браун. Самият принцип има неясна, двусмислена формулировка (Quílez & Solaz, 1995) и както се вижда от резултатите, в някои случаи е неприложим, и води до грешни изводи.

Изразяване, изчисляване и предвиждане на стойността на равновесна константа

Равновесната константа отчита степента на трансформация на химичната система, когато се достигне равновесие. В задача Q2 се изисква разпознаване на правилния израз за равновесната константа на дадена реакция. Това е лесна задача и 80% от гимназистите дават верен отговор. Малка част от тях (10%) некоректно определя равновесната константа като отношение от произведението на равновесните концентрации на изходните вещества и произведението на равновесните концентрации на продуктите.

В задача Q20 учениците трябва да изчислят стойностите на две равновесни константи по графични данни за промяната на концентрациите на веществата с времето за системата: $\text{N}_{2(g)} + 3 \text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NH}_{3(g)} + Q$. Успешно са се справили едва 32% от учениците. Общо 60% от гимназистите не са успели да изчислят първата равновесна константа, а 68% от тях и втората. За затрудненията на учениците значение има по-високото ниво на мислене, което се изисква при интерпретиране на данни от графики.

В задача Q21 се изисква да се посочи фактора, на който се дължи прехода между две равновесни състояния, показан графично чрез изменение на концентрациите на веществата с времето. В случая факторът е понижението на температурата, защото се установява ново равновесно състояние с по-висока K_c . Верен отговор дават 41% от учениците, но верен и правилно обяснен отговор – само 28%. Общо 30% от гимназистите погрешно смятат, че числената стойност на равновесната константа се променя с изменение на концентрацията на някое от веществата в равновесната смес. Подобни резултати, отчитат Bergquist & Heikkinen (1990) и van Driel & Gräber (2003). Предполага се, че учениците обръщат внимание само на един вид частици, пренебрегвайки концентрацията на другите видове и техните стехиометрични отношения.

Объркване на кинетика, химична термодинамика и химично равновесие

За изследване на погрешните схващания свързани с химична кинетика, термодинамика и равновесие се използват задачи от Q11 до Q16.

В задача Q11 са дадени две хипотетични химични реакции, протичащи при едни и същи условия (T, p) до достигане на равновесно състояние, с различни стойности на равновесните константи ($K_c^1 = 1.10^{-3}$ и $K_c^2 = 1.10^{-5}$). Въпросът е, дали от наличната информация, може да се определи, коя от реакциите протича с по-голяма скорост. Правилният отговор, че това е невъзможно дават едва 24% от тях, като се аргументират само 21%. Общо 54% от тестираните погрешно смятат, че при обратимите реакции, колкото е по-голяма равновесната константа, толкова по-бързо протича реакцията. Други 23% считат, че колкото по-малка е равновесната константа, толкова по-бързо протича реакцията. Сходни схващания са отчетени в отговорите на

учениците на задача Q15. 49% от гимназистите погрешно отговарят, че колкото по-висока е стойността на равновесната константа, толкова по-бързо се достига до равновесното състояние.

Чрез задача Q12 се търси „взаимовръзка“ между скорост и топлинен ефект. При дадени две хипотетични реакции в състояние на равновесие, протичащи при едни и същи условия (T, p), но с различен по знак топлинен ефект, се иска от учениците да преценят, дали информацията е достатъчна, за да се определи коя реакция протича с по-голяма скорост. Вярно и аргументирано, че не може да се прецени, поради липса на информация отговорят 29% от гимназистите. Много ученици (38%) погрешно мислят, че екзотермичните реакции протичат с по-голяма скорост, като посочват различни причини: отделящата се топлина повишава скоростта на правата реакция или протичащата спонтанно реакция и продуктите са с по-ниска енергия. Според друга част (20%) от учащите, всяка ендотермична реакция протича с по-висока скорост, защото за протичането ѝ е необходимо да се внесе енергия, която повишава скоростта. Редица автори смятат, че подобни погрешни схващания са свързани с кинетичния подход за въвеждане на химичното равновесие (Banerjee, 1995; Тошев, 1996, 2013; Тошев & Петева, 2011; Quílez & Solaz 1995; Quílez 2004).

Чрез задачи Q13 и Q16 се търси информация за разбирането на учениците за спонтанността на реакциите. Сравнително малка част от тестираните дават верни отговори (съответно 20 и 22%). Големият дял грешни отговори (79%) при Q13, показват, че повечето ученици не са наясно със спонтанните реакции и мислят, че те не се нуждаят от внасяне на допълнително количество енергия. Предполага се, че на това ниво учениците не разбират, че един термодинамично предпочитан процес може да не настъпи поради кинетични ограничения. В отговор на задача Q16 78 % от гимназистите мислят погрешно, че ендотермичните реакции не могат да протичат самovolно. Този начин на мислене е резултат от отсъствието на ентропийния фактор в учебната програма (Тошев, 1994).

Сравняването на ученическите погрешни схващания по средните стойности на шестте съдържателни области за цялата извадка е дадено в **таблица 5.2**.

Таблица 5.2. Разпределение на честотата на проявените ученически погрешни схващания, според съдържателните области, свързани с химично равновесие спрямо цялата извадка

Съдържателна област на погрешните схващания на учениците	Честота, %
Дефиниране и установяване на химично равновесие	40
Промени в равновесните условия	47
Химично равновесие в хетерогенни системи	30
Функция на катализатора	28
Изразяване на равновесна константа	49
Объркване на кинетика и химична термодинамика	69



Фигура 5.1. Честота на проявени ученически погрешни схващания по съдържателни области

От фигурата се вижда, че най-голяма част от учениците (69%) се затрудняват и бъркат кинетика и химична термодинамика. Близко половината от гимназистите имат концептуални затруднения с изразяване на равновесната константа (49%) и промените в равновесните условия и използване на ПЛШБ за обяснение и предсказване на промените в система в химично равновесие (47%). Разбирането на същността на химичното равновесие е затруднило 40% от учениците, а на химично равновесие в хетерогенни системи –30%. Малко над една четвърт от изследваните ученици (28%) имат концептуални затруднения, свързани с функцията на катализатора, внесен в система в химично равновесие.

Проведеното изследване разкрива, че сравнително голяма част (43%) от всички изследвани ученици от природо-математическите гимназии имат ясно изразени погрешни схващания, свързани с идеите на химичното равновесие, в шест области – дефиниране и установяване на химично равновесие; промени в равновесните условия; равновесни хетерогенни системи; функция на катализатора; изразяване на равновесна константа; объркване на кинетика и химична термодинамика. Наличието на подобни алтернативни концепции в отговорите им показва фрагментирано разбиране на тези абстрактни представи, което затруднява по-задълбоченото изучаване на предмета и на ключови природонаучни идеи.

5.2. Резултати от диагностичен тест на студенти – бъдещи учители

Разработеният тест е приложен пилотно към извадка от общо 398 ученици, а после е използван и към извадка от 35 студенти с цел определяне на техните концепции и алтернативни концепции, свързани с химичното равновесие. За определяне на надеждността на инструмента е направено проучване на валидните резултати на 80 ученика на база на 15 тестови елементи, алфа на Кронбах на теста е 0,689, което близко до приемливото за провеждане на изследване в областта на образованието. След прилагането на теста всеки негов тестов елемент е анализиран, за да се определи разбирането на студентите и да се идентифицират алтернативните концепции за химичното равновесие.

Дефиниране и установяване на химично равновесие

За да се установи дали учащите могат да приложат знанията си за същността на химичното равновесие (зад. 2), те трябва да начертаят графика, която да показва изменението на концентрациите на веществата А и В, до достигане на равновесно състояние ($A_{(t)} \rightleftharpoons B_{(t)}$), ако се знае, че началната концентрация на А е различна от 0, а началната концентрация на В е 0 mol/L. За състоянието на равновесие се знае, че по-голямата част от А се е превърнала в В. Задачата е взета от диагностичен тест, изследващ погрешните представи на унгарски студенти по теми от термодинамиката и кинетиката, публикуван в статия на Turányi & Tóth (2013). Само 4 от изследваните от нас студенти (11%) са начертали правилно графиката в задачата. Осем бъдещи учители (23%) са начертали графика, отразявайки погрешното схващане, че при настъпване на равновесие концентрациите на всички вещества в системата се изравняват, подобен резултат е отчетен и за по-голямата част от изследваните унгарски студенти. В останалите бланки (56%) липсва графика или начертаната графика няма нищо общо със зададеното условие. Причината за това, според нас е липса на математични знания и умения за анализ на предоставена информация, по който да се състави графика.

Промени в равновесните условия

Промените в равновесните условия се разглеждат в няколко задачи (1.1, 1.2 и 4). Две от тях са базират на една и съща равновесна система $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$, (онагледена с фигура), при определена температура и налягане.

В първата задача към равновесната смес се прибавя инертен по отношение на реакцията газ при $T, p = \text{const}$. Учащите трябва да преценят ще се настъпят ли промени в системата в равновесие в следствие на това въздействие. Половината студенти 52% стигат до грешен извод, че промяна в равновесната смес няма да настъпи, като най-много студенти – 37% аргументират отговора си с факта, че общото налягане не се променя, т.е. оттук и концентрациите не се променят. Други 6% мотивират отговора си с твърдението, че общото налягане и обемът не се променят, което пък противоречи на фигурата към въпроса, на която се вижда увеличаване на обема. 12% от тестираните студенти са посочили верния ефект от прибавянето на инертния по отношение на реакцията газ при зададените условия, но в грешна комбинация със съждението от колона II. Верният отговор – получава се Cl_2 и PCl_3 , защото общото налягане не се променя и обемът се е увеличава, са посочили едва 20% от студентите.

Във втората задача към същата равновесната смес, при $T, V = \text{const}$, се прибавя инертен газ. Както и в предната задача приложението на принципа на Льо Шателие – Браун води до грешни изводи. Прибавянето на инертен газ при постоянни обем и температура ще повиши общото налягане. Принципът на Льо Шателие – Браун гласи, че равновесната система реагира по такъв начин, че повишаването на налягането да бъде сведено до минимум. Това може да бъде постигнато чрез протичане на реакцията, водеща до получаването на по-малък броя молекули (Driscoll, 1960). По този начин са разсъждавали и 32% от тестираните, т.е. образува се PCl_5 . 57% от бъдещите учители са стигнали до верния извод, че равновесната система не се повлиява от добавянето на инертен газ, но избраното обяснение от колона II е грешно за 34%. Общо 20% от тестваните студенти- бъдещи учители са разсъждавали вярно – Равновесието не се повлиява от добавянето на инертния газ, защото общото налягане се повишава, но концентрациите на веществата не се променят.

Чрез следващата задача (задача 4) се проверява широко разпространеното и изследвано погрешно схващане, че например при прибавянето на едно от изходните вещества към равновесна смес при $T, p = \text{const}$ винаги преимуществено започва да протича правата реакция, т.е. безпогрешността на принципа на Льо Шателие – Браун. Това показват и резултатите – 43% от студентите твърдят, че прибавянето на 0,5 M разтвор на натриев дихромат към разтвор на натриев дихромат с концентрация 0,5 mol/L, в който е установено равновесното състояние хромат–дихромат при определени T и p ще предизвика пожълтяване на равновесната смес. Други 32% считат, че интензивността на оранжевия цвят ще се засили, защото в системата се внасят повече $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (26%) или защото обемът на системата нараства, следователно концентрациите на всички вещества без $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ намаляват (6%). Правилната комбинация от отговори, а именно, че няма да се наблюдават промени, защото няма промяна в концентрацията на веществата са избрали едва 23% от тестираните студенти.

За да се провери дали учащите могат да прилагат знанията си за химично равновесие в други ситуации (в задача 7Б) те трябва да преценят дали ще се повиши равновесната концентрация на разтворимо вещество при разбъркването на наситения му разтвор. Според 51% от всички изследвани студенти при разбъркване се увеличава разтворимостта на разтворимо твърдо вещество в наситения му разтвор.

Равновесни хетерогенни системи

Две от задачите в теста за студенти (3.1 и 3.2) се отнасят за равновесната хетерогенна система $\text{S}_{(\text{тв})} + \text{H}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}_{(\text{г})}$. В първата от тях учащите трябва да изразят равновесната константа. Правилният запис на равновесната константа е даден от 57% от бъдещите учители. Останалите 43 % от тях включват в израза за равновесната константа концентрацията на твърдата фаза.

Променя ли се масата на твърдото вещество в една равновесна система при $T, V = \text{const}$, ако се изведе известно количество водород се пита в следващата задача (3.2). За 40% от студентите масата на сярата няма да се промени, защото броят молекул сярва е постоянен или защото се благоприятства разлагането на H_2S до H_2 и S , като K_c се запазва постоянна. Половината от изследваните (51%), дават верен отговор на въпроса, а именно, че масата е по-голяма, защото се благоприятства разлагането на H_2S до H_2 и S , като K_c се запазва постоянна.

Функция на катализатора

За да се провери дали учащите разбират правилно функциите на катализатор, внесен в система в химично равновесие, те са попитани за ефекта му върху равновесната смес (задача 7Д). Общо 46% от бъдещите учители са уверени, че прибавянето на катализатор ще увеличи добива на продуктите.

Кинетика срещу химична термодинамика

За изследване на погрешните схващания, свързани с химична кинетика, термодинамика и равновесие се използват няколко задачи (задачи 5, 7В, 6, 7А и 7Г). Тези задачи имат за цел да проверят дали учащите свързват неправилно скоростта на реакцията и равновесната константа.

Оказва се, че в първата задача 15% от студентите смятат, че колкото е по-голяма равновесната константа, толкова по-бързо протича реакцията. Други 15% от учащите мислят, че колкото по-малка е равновесната константа, толкова по-бързо протича реакцията. Прави впечатление, че 38% от тях са отговорили, че: „При обратимите реакции, колкото по-малка е равновесната константа, толкова по-бързо протича процеса“ и в същото време посочват равновесна константа с по-голяма стойност ($K_c^1 = 1.10^{-3}$ и $K_c^2 = 1.10^{-5}$) за първата реакция. Само 26% от бъдещите учители са дали верния отговор, че от стойностите на равновесната константа не може да се прецени, коя от двете реакции протича с по-голяма скорост (правата или обратната).

Във задача 7 В 26% от бъдещите учители са на мнение, че колкото е по-висока стойността на равновесната константа, толкова по-бързо се достига до равновесно състояние. В следващата задача, шеста, се търси подобна „взаимовръзка“ между скорост и топлинен ефект. И тук объркването е пълно. За 44% от студентите екзотермичната реакция протича с по-голяма скорост, или защото отделящата се топлината повишава скоростта на правата реакция (29%) или защото за протичането ѝ е необходимо да се внесе енергия, която повишава скоростта (12%). Други 15% от тестираните са на мнение, че ендотермичната реакция протича с по-голяма скорост, защото за протичането ѝ е необходимо да се внесе енергия, която повишава скоростта (9%). Делът на студентите дали верен отговор (38%) е по-висок от този в предходната задача и сочи, че в този случай повече студенти мислят, че връзка между топлинен ефект и скорост няма. Грешните отговори показват и че понятията активираща енергия и топлинен ефект се бъркат и от ученици и студенти, и двете понятия се използват взаимнозаменяемо (Sözbilir et. al., 2010).

Повечето студенти се заблуждават, че спонтанните реакции не се нуждаят от внасяне на допълнително количество енергия. Това показва големия дял (54%) на погрешни отговори на задача 7А. Още по-голяма част от учащите 69% погрешно смята, че ендотермичните реакции не могат да протичат самоволно при отговора на задача 7Г. Тези заблуди се дължат на пренебрегване на ентропийния фактор.

Най-трудните задачи се оказаха тези, при които учащите трябва да получат и анализират и оценят информация от графични данни (задачи 8.1 и 8.2).

При задача 8.1 въз основа на графика на зависимостта на концентрацията на веществата от времето се изисква да се определят първо условията на настъпване на равновесие и после

факторите, довели до промени в концентрациите на веществата, т. е до нарушаване на равновесието. С този проблем са справили 46% от тях, но в хода на решаването се появиха много въпроси, т.е. задачата и условието явно предизвикаха затруднение.

В следващия тестов елемент (задача 8.2) студентите трябва да изчислят равновесните константи по данните от графиката. Тези задачи, изискват високи нива на мислене от Ревизираната таксономия на Блум както и развити ключови компетентности. Трудността им се оказва висока и само 20% от студентите са успели да се справят успешно с тях.

От направеното изложение следва, че се оформят 5 области на алтернативни концепции: *дефиниране и установяване на химично равновесие; промени в равновесните условия; равновесни хетерогенни системи; функция на катализатора; объркване на кинетика и химична термодинамика*. Резултатите са обобщени в **таблица 5.3**.

Таблица 5.3. Обобщение на откритите погрешни схващания на студенти – бъдещи учители по химия и опазване на околната среда спрямо действителните отговори (ДО)

Области и описание на погрешните схващания на студенти – бъдещи учители	ДО	Честота	
		брой	f%
<i>Дефиниране и установяване на химично равновесие</i>			
Системата достига до състояние на химично равновесие, когато концентрациите на участващите вещества в равновесната смес се изравнят.	35	8	23
<i>Промяна в равновесните условия</i>			
Прибавянето на допълнително количество на вещество от равновесната смес променя само неговата концентрация.	35	9	26
При прибавянето на продукт (независимо от неговата концентрация) към равновесна смес ($p, T = const$) винаги протича обратната реакция.	35	14	40
При прибавянето на инертен газ към система в равновесие ($V, T = const$), равновесието не се повлиява, защото общото налягане не се променя.	35	12	34
Прибавянето на инертен газ към система в равновесие, ($V, T = const$), повишава общото налягане и протича реакцията, водеща до получаването на по-малък брой молекули.	35	11	32
Прибавянето на инертен газ към система в равновесие, ($p, T = const$), не оказва влияние върху нея, защото общото налягане не се променя.	35	13	37
<i>Функция на катализатора</i>			
При внасяне на катализатор към система в химично равновесие протича реакция, при която се образуват продукти и се увеличава добива.	35	16	46
<i>Химично равновесие в хетерогенни системи</i>			
Масата на твърдото вещество в равновесна хетерогенна система не се влияе от промени в концентрациите на останалите вещества.	35	14	40
Неправилен запис на равновесната константа	35	4	11
Равновесната концентрация на разтвореното вещество в наситен разтвор се повишава при разбъркване.	35	18	51
<i>Объркване на кинетика и химична термодинамика</i>			
По-високата стойност на равновесната константа предполага по-висока скорост на реакцията (по-ниска стойност на равновесната константа - по-ниска скорост)	34	5 (5)	15 (15)
Колкото по-висока е стойността на равновесната константа, толкова по-бързо се достига до равновесно състояние.	35	9	26
Екзотермичните реакции винаги протичат с по-голяма скорост (по-бързо винаги протичат ендотермичните реакции).	34	15 (5)	44 (15)
Ако реакцията е спонтанна, то за започването ѝ няма нужда от внасяне на допълнително количество енергия.	35	19	54
Ендотермичните реакции не могат да протичат самovolно.	35	24	69

Сравняването на студентските погрешни схващания по средните стойности на съдържателни области е дадено в **таблица 5.4**.

Таблица 5.4. Разпределение на проявените студентски погрешни схващания по съдържателни области, свързани с химично равновесие спрямо цялата извадка

Съдържателна област на погрешните схващания на студенти – бъдещи учители	Честота, %
Дефиниране и установяване на химично равновесие	23
Промени в равновесните условия	34
Химично равновесие в хетерогенни системи	34
Объркване на кинетика и химична термодинамика	34
Функция на катализатора	46

Като цяло студентите се заблуждават най-много при въпроси, свързани с действието на катализатора върху равновесни системи, а най-малко при дефинирането и установяването на химично равновесие. Възможно обяснение на заблудите на студентите по отношение на катализатора е, че понякога е необходимо да се внесе катализатор в системата, за да протече забележимо химичната реакция. Без наличието на катализатора реакцията се извършва толкова бавно, че в рамките на определен период от време добивът е много нисък. Тъй като на практика не може да си позволим реакцията да протича самостоятелно много дълго време, с помощта на катализатора достигахме до „края“ на реакцията (в случая до състоянието на равновесие) в рамките на разумен период от време. Така некатализираната реакция може да има нисък добив, а катализираната – висок за един и същ интервал от време. Не че катализаторът е нарушил равновесието, а просто първата реакция не е била оставена за достатъчно време, за да достигне равновесието. Следователно катализаторът не увеличава добива, той съкращава времето, необходимо на реакцията да достигне състоянието на равновесие.



Фигура 5.2. Разпределение на студентските мiskonцепции по области (N=35)

Проучването на студентите показва, че средно 38% от студентите – бъдещи учители по химия имат ясно проявени мiskonцепции по отношение на химичното равновесие.

5.3. Сравняване на резултати на ученици и студенти

За да сравним погрешни схващания на ученици и студенти, ще използваме само тези задачи, при кои има съответствие в двата диагностични теста. Резултатите по отношение на честотата на проявените ученически и студентски алтернативни концепция за тези задачи са дадени в **таблица 5.5**.

Таблица 5.6. Относителна честота на някои от проявените ученически и студентски погрешни схващания за цялата извадка по въпросите, при които има съответствие

Описание на погрешното схващане по въпроси	Отн. честота, %	
	ученици	студенти
Прибавянето на инертен газ към система в равновесие при $V, T = const$, повишава общото налягане и протича реакцията, водеща до получаването на по-малък брой молекули.	30	32
В израза за равновесната константа, характеризираща състояние на равновесие на хетерогенна система, при $p, T = const$, се включва и „концентрацията“ на веществата в кондензирана фаза.	20	46
Масата на твърдото вещество в равновесна хетерогенна система не се влияе от промени в концентрациите на останалите вещества.	32	40
При прибавянето на изходно вещество (независимо от неговата концентрация) към равновесна смес при $p, T = const$, винаги протича преимуществено правата реакция.	48	43
По-високата стойност на равновесната константа предполага по-висока скорост на реакцията (по-ниска стойност на константата предполага по-ниска скорост на реакцията).	52 24	15 (15)
Колкото по-висока е стойността на равновесната константа, толкова по-бързо се достига до равновесно състояние.	49	26
Екзотермичните реакции винаги протичат с по-голяма скорост (по-бързо винаги протичат ендотермичните реакции).	35 (20)	44 (15)
Ако реакцията е спонтанна, то за започването ѝ няма нужда от внасяне на допълнително количество енергия.	79	54
Разбъркването на наситен разтвор на разтворимо твърдо вещество ще доведе до повишаване на равновесната концентрация на веществото в разтвора, т.е. чрез разбъркване се увеличава разтворимостта му.	70	51
Ендотермичните реакции не могат да протичат самovolно.	78	69
При добавянето на катализатор към система в състояние на химично равновесие се благоприятства реакцията, при която се образуват продуктите и се увеличава добивът.	32	46

От таблицата се вижда, че има задачи, които повече са затруднили учениците, такива, на които и ученици и студенти имат сходен дял погрешни схващания, както и такива, при които повече затруднения са срещнали студентите. Могат да се обобщят някои общи погрешни схващания на ученици и студенти – **таблица 5.6.**

Таблица 5.7. Относителна честота на общи погрешни схващания при ученици и студенти

	Общи погрешни схващания на ученици и студенти	Честота, %	
		Ученици	Студенти
1.	Постоянна концентрация Неспособност да се разбере, че определени вещества имат непроменена концентрация в определени реакции.	20	46
2.	Топлинен ефект спрямо скорост Невъзможност за разграничаване между това колко бързо и какъв топлинен ефект протича реакцията.	27	29
3.	Маса срещу концентрация Невъзможност за разграничаване на понятията.	32	40
4.	Катализатор и равновесие Неспособност да се разбере ролята на катализатора	32	46
5.	Погрешно използване на принципа на Льо Шателие Приложение в неподходящи ситуации	39	38
6.	Скорост спрямо степен на превръщане Невъзможност за разграничаване между това колко бързо и колко далече е достигнала реакцията.	41	19
7.	Особености на система в химично равновесие При химично равновесие концентрациите на участващите вещества се изравняват	68	23
8.	Приложение на равновесието в други теми Неразбиране равновесната същност на разтворимостта	70	51
9.	Не се отчита ентропията Не се оценява ентропийният фактор при определяне на възможността за протичане на спонтанна реакция	78	69
10.	Спонтанност и кинетична бариера Не се отчита възможността за наличие на кинетична бариера за протичането на някои спонтанни реакции	79	54



Фигура 5.2. Сравняване на общите погрешни схващания на ученици и студенти – бъдещи учители

От диаграмата се вижда, че много по-голям е делът на гимназистите, в сравнение с този на студентите, които не оценяват наличието на ентропиен фактор при определяне на

възможността за протичане на спонтанна реакция, както не отчитат възможността за наличие на кинетична бариера за протичането на спонтанни реакции. По-голям дял от учениците не умеят да приложат знанията си за равновесие в други области, което показва, че не са осмислили добре самото понятие.

По-голям дял от студентите – бъдещи учители по химия не правят разлика между понятията маса срещу концентрация, не отчитат постоянната концентрация на веществата в кондензирана фаза и не оценяват правилно ролята на катализатора в химичното равновесие.

Почти еднакъв дял от двете тествани групи погрешно използват принципа на Льо Шателие, а също - смесват понятията за скорост и за топлинен ефект на реакцията.

Това показва изключителна устойчивост на формираните погрешни схващания, които преминават от гимназиално към университетско ниво.

Възможни причини за погрешните схващания на ученици и студенти са:

- липсата на познания за фундаменталните понятия
- запаметяване без разбиране, което води до неподходящи обобщения
- объркване на основни идеи
- определяне на научни идеи според използването им в ежедневието
- прилагане на алгоритми без концептуално разбиране
- използване на термодинамични данни за обясняване на ситуации, включващи кинетика
- вероятни ефекти от методологичните аспекти на учебната среда

5.4. Резултати от анкетното проучване на учители

Чрез анкетата се търси оценката на учителите за: трудността на съдържателни области свързани с равновесието за техните ученици; приблизителната част от техните ученици, срещащи затруднения; причините за ученическите затруднения; трудностите, които срещат учителите при преподаване на темата; методите и средствата, използвани от тях и тяхната ефективност.

За да се установи *в каква съдържателна област са затрудненията на учениците* според техните учители, анкетираните преподаватели оценяват нивото на трудност на елементи от съдържанието по скала от 0 до 4 като: 0 – много лесно; 1 – сравнително лесно; 2 – има известни затруднения; 3 – трудно; 4 – много трудно.

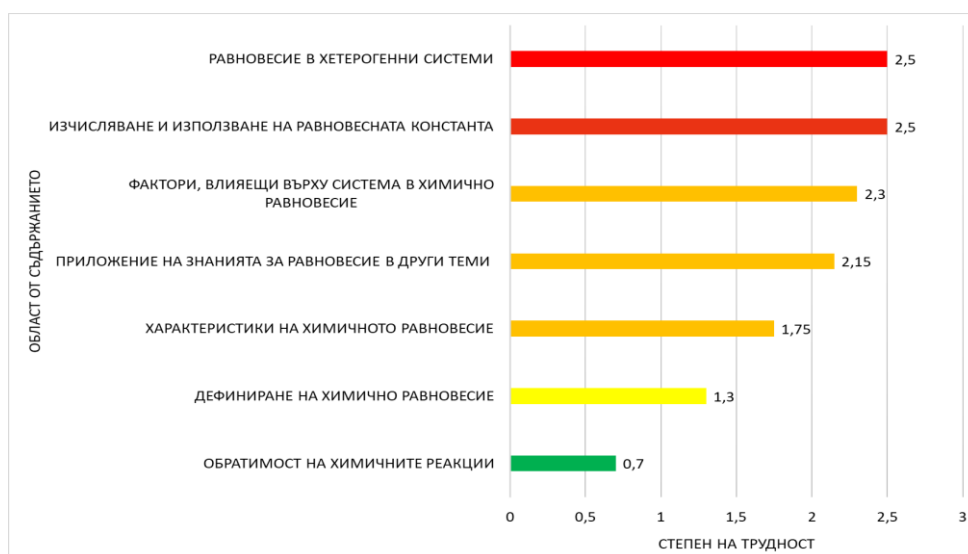
Разпределението на резултатите е показано на **таблица 5.8**.

Таблица 5.8. Оценяване на трудността на различни области от съдържанието по темата химично равновесие (по скала за степен на трудност *от 0 до 4*)

Области от съдържанието по темата за химично равновесие	Степен на трудност	Качествена оценка на трудността
Обратимост на химичните реакции	0,7	много лесно
Дефиниране на химичното равновесие	1,3	сравнително лесно
Характеристики на химичното равновесие	1,75	има известни затруднения
Приложение на знанията за равновесие в други теми	2,15	има известни затруднения
Фактори, влияещи върху система в химично равновесие	2,3	има известни затруднения
Изчисляване и използване на равновесната константа	2,5	трудно
Равновесие в хетерогенни системи	2,5	трудно

Най-лесни за учениците според техните учители са идеите за обратимостта на химичните реакции и дефиниране на химичното равновесие. Тъй като най-често дефиниране според учителите означава изказване на правило или дефиниция, а обратимостта е свързана с поставяне на знака двупосочност, двата елемента изискват мисловни умения от ниско ниво – запомняне и разбиране.

От данните се вижда, че най-трудни за учениците според преподавателите по химия са: равновесие в хетерогенни системи и изчисляване и използване на равновесната константа. Открояването на тези елементи се потвърждава и от отговорите на предишния въпрос, а именно, че темата за химично равновесие е интегрална, изискват се знания и умения от областите на математиката и физиката, мисловни умения от високо ниво и комбинирано използване на процесуално и концептуално знание. Най-трудните елементи от съдържанието по темата за химично равновесие съгласно въпроса от анкетата са представени в **таблица 5.8.** и **фигура 5.3.**



Фигура 5.3. Ниво на трудност на отделните области от темата за химично равновесие според учителите (при скала от 0 до 4).

При сравнение на мнението на учителите с резултатите на учениците от диагностичните тестове се вижда, че според учителите равновесието в хетерогенни системи и използването на равновесната константа са най-трудните за ученици, а от диагностичния тест следва, че това е втората по трудност област. Според учителите дефинирането на химично равновесие е лесно, това се потвърждава и от резултатите от диагностичния тест, според който изразяването на равновесна константа е най-лесно.

На въпроса за това *каква част от учениците Ви (приблизително) се затрудняват* при изучаване на темата, учителите отговарят различно (виж **таблица 5.9.**).

Таблица 5.9. Разпределение на отговорите на учителите за дела от техните ученици, които имат затруднения по темата за химично равновесие

Дял на учениците с погр. схващания	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%
Честота на посочване	–	1	5	6	5	1	2	–

Като цяло най-често анкетираните учители посочват, че приблизително 40% от учениците им имат затруднения по темата. Този резултат е доста близък до общия резултат от диагностичния тест, според който 43% от учениците имат ясно изразени алтернативни концепции за химичното равновесие. Значителното припокриване на преценката на учителите за приблизителния дял на затрудняващи се ученици с действителния дял на ученици с погрешни схващания говори за високо ниво на педагогическа компетентност на анкетираните учители.

При изброяване на затрудненията на учениците учителите посочват отново съдържателните области, които са свързали с трудностите. Причините за ученическите затруднения според учителите могат да се обобщят в три групи, дължащи се на: учебно съдържание; ученически характеристики и ученически начини на учене и мислене. В някои случаи има резултати, които принадлежат в повече от една група – **таблица 5.10**.

Таблица 5.10. Причините за ученическите затруднения според учителите

Учебно съдържание, програми, учебници	Ученически характеристики – знания, умения, нагласи, мотиви	Ученически начини на учене и начини на мислене
Трудност на темата Интегралност на темата Малък брой часове за упражнения Недобро обяснение на темата в учебниците Малък брой изчислителни задачи Недостатъчно примери за практически приложения Недостатъчен брой лабораторни упражнения	За тях учебният процес не е приоритет. Химията не им е приоритет. Липса на мотивация Недостатъчно/Липса на логическо мислене Липса на желание за труд и трудови навици Липса на системност Липса на отговорност Нетрайност на знанията Съществени дефицит на знания в областта на физиката и на математиката Липса на задълбоченост на знанията Невъзможност за прилагане на знания в нови ситуации Разчитат само на това, което запомнят и запишат в учебния час. Повечето ученици не използват учебници	Трудно си представят промени в равновесна система. Трудно комбинират физични, математични и химични познания при анализ на равновесни системи и промените в тях. Трудно осъществяват междупредметни връзки Стремеж към алгоритмизиране на решаването на задачите, което понякога ги отдалечава от истината, т.е. блокира мисленето Липсва им техника за анализиране на информация и формулиране на проблема Не умеят да четат научен текст с разбиране Не могат да разчитат самостоятелно дадените графики и диаграми Не могат да оценяват числови резултати и да правят изводи Не умеят да правят математически преобразувания и изчисления.

От таблицата се вижда, че причините за ученическите трудности са комплексни. От една страна те са обвързани с ученическите личностни характеристики, върху които оказват влияние семейна и социална среда, обществени процеси, а от друга – предишен училищен опит, който допринася за изграждане на нагласи, навици, отношения, начин/методи за учене.

Конкретните затруднения на учениците с учебния материал според учителите се дължи на начина на представянето му чрез субмикроскопските и символни представяния, защото този вид описания са невидими и абстрактни, а в същото време начинът на мислене на учениците е конкретен и се основа на сетивата.

Какви затруднения срещат учителите при преподаване на уроците, свързани с химично равновесие? На този въпрос всички учители са посочили по повече от един отговор, като някои отговорите се припокриват смислово. Тези затруднения могат да се отнесат към:

хорариума и учебната програма; особености на учебното съдържание, дефицит в средствата за самостоятелна работа и онагледяване.

Таблица 5.11. Пречки, затрудняващи работата на учителите при преподаване на химично равновесие.

Хорариум и учебна програма	Сложността на учебното съдържание	Онагледяване на учебното съдържание	Ресурси за самостоятелна работа на учениците	Други пречки
Малък хорариум по химия Малко технологично време Малко часове за упражнения за учениците	Обясняване на факторите, влияещи върху химично равновесие. Доказване на влиянието на факторите чрез $K_C = \text{const}$, а промените се обясняват чрез нея. Обяснение на факта, че $K_C \neq f(c)$	Дефицит на нагледни материали – графики, модели, компютърни симулации, анимации и др. Не функционира „Образователен портал“ на МОН.	Дефицит на разнообразни примери и конкретни числови данни за равновесни системи, които да се използват при съставяне на задачи Липса на работни листове и задачи. Липса на подходящи химични експерименти.	Не срещам трудности при преподаване на темата, но учениците все по-трудно я разбират и осъзнават. Учениците трудно четат, разбират и работят с информация.

Затрудненията, които срещат учителите, в зависимост от предоставените отговори биха могли да се коментират по следния начин.

Някои учители отчитат сложността на темата и за тях самите, както и проблемите, които те изпитват при нейното обяснение. Вероятно този проблем би могъл да се реши, чрез включването на учителите в допълнителни квалификационни курсове.

Намаленият хорариум от часове в учебната програма би могъл да се промени при бъдещо преработване на учебни програми.

Дефицитът в средствата за самостоятелна работа и онагледяване – лабораторни експерименти, работни листове, софтуерни продукти и др. изисква създаване или превеждане на подходящи качествени образователни ресурси.

Много сериозен е проблемът с липсата на развити знания, умения и навици, както и ключови компетентности у учениците. Това показва доста тревожна картина на цялостната подготовка на учениците по химия и на цялата образователна система. Тези проблеми са много по-трудно поправими и за тях е необходимо много време.

Последният въпрос от анкетата се отнася до *подходите, методите, дейностите и техниките, които учителите използват за обучение* по темата за химичното равновесие и преценката на тяхната ефективност.

Отговорите на учителите са повече от техния брой, защото са назовавали по-голям брой методи, подходи и средства (виж **таблица 5.12.**).

Таблица 5.12. Подходи, методи, техники, използвани от анкетираните учители за преподаване по темата за химичното равновесие и тяхната честота.

Най-използвани методи, подходи, средства	Честота	Най-използвани методи, подходи, средства	Честота
Решаване на задачи	19	Проблемно обучение	7
Демонстрации	14	Дискусии	7
Лабораторни опити	14	Симулации	4
Лекции	11	Изследователски подход	4
Беседа	11	Моделиране	3
Примери	11	Проектно обучение	3
Аналогии	9	Понятийни карти	3
Интерактивни техники	9	Метафори	1
Анимации	8	Интегрирани уроци	1
Обучение в контекст	7	Други	-

Според анкетираните преподаватели *най-често използваните подходи, методи, техники* за преподаване и изучаване на химично равновесие са: решаването на задачи, демонстрации и лабораторни опити, лекции, беседи, даване на примери, аналогии, интерактивни техники и други.

Учителите преценяват кои са *най-ефективните методи, подходи, техники, средства* за преподаване и изучаване на химично равновесие. В **таблица 5.13.** те са подредени по ранг.

Таблица 5.13. Най-ефективните методи, подходи, техники, средства за преподаване и изучаване на химично равновесие според учителите

Ранг	Най-ефективни методи, подходи, техники, средства	Ранг	Най-ефективните методи, подходи, техники, средства
1	Решаване на задачи	5	Интерактивни техники
2	Лабораторни опити	6	Анимации
3	Демонстрации	7	Обучение в контекст
4	Аналогии	8	Проблемно обучение

Прави впечатление, че сред посочения списък не присъстват традиционните, ориентирани към учителя методи като лекция, беседа, даване на примери, а акцентът е върху самостоятелната работа на учениците: решаването на задачи, лабораторни опити, но и върху методите за онагледяване с демонстрации, аналогии, анимации.

Подобни методи и техники за преподаване се препоръчват в литературата, но в тях се добавят специфични методически акценти за намаляването или преодоляването на мисконцепциите на учениците.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В изпълнение на задачите, формулирани в Първа глава от дисертационния труд, е направено следното:

1. Изяснени са теоретичните перспективи за обяснение на проблема за алтернативните концепции (погрешните схващания). Определени са същността и видовете алтернативни концепции, източниците им, моделите за тяхното преодоляване. Представени са примери за погрешни схващания в химията.
2. Разгледано е понятието химично равновесие от научна гледна точка. Определени са особеностите на химичното знание, значението на равновесието в научен и ежедневен контекст, историческо развитие на представите за химичното равновесие и са направени са изводи за особеностите на специфичнонаучното знание за равновесието.
3. Анализирана е темата за химичното равновесие от педагогическа гледна точка. Разгледани са особеностите ѝ като част от съдържанието на училищния курс, мястото ѝ в учебните програми и учебници. Обсъдени са проблемите при изучаването ѝ и възможните предпоставки за формиране на погрешни схващания. Анализирани са методологията и резултатите от изследвания на мiskonцепциите по темата.
4. Подбрани са подходящи изследователски методи и методология, и е проведено емпирично изследване на погрешните схващания на ученици, студенти-бъдещи учители и на затрудненията в обучението според учителите.
5. Обработени са резултатите от изследването и са анализирани по отношение на погрешните схващания на учащите и на предпоставките за формирането им.
6. Предложени са препоръки за приложение на резултатите в практиката и за бъдещи изследователски проекти.

Изпълнението на горепосочените задачи даде възможност да се *отговори на поставените в началото изследователски въпроси*, както следва:

1. *Кои са предпоставките, свързани със съдържанието на понятието, които могат да повлияят на разбирането на учащите и формирането на погрешни схващания?*

При обобщение на факторите, които влияят върху разбирането на учащите и формирането на погрешни схващания по предмета установихме, че те могат да са: специфично научни (съдържанието и особеностите на химията); онтологични (предишните знания и опит на учениците; вярванията им за света); епистемологични (източници на знание, форми, дейности и състояния, свързани с преподаването); личностни (характеристиките на учениците и качеството на тяхната дейност и поведение).

Предпоставките, свързани със съдържанието на понятието, които могат да повлияят на разбирането на учащите и да доведат до формирането на мiskonцепции са следните:

Специфичната природа на понятието химично равновесие – то е сложно, абстрактно понятие, което изисква представяне и мислене на макроскопско, субмикроскопско и символно ниво. Преносът на знания и умения между различните мащаби, както и начините на представянето им предполага способности за визуализация и високо ниво на мислене у учениците.

Мястото на химичното равновесие в учебните програми и начините на въвеждането и прилагането му залагат предпоставки за мiskonцепции и невярна картина на света.

Интегралната същност на равновесието и значението му в различен контекст също е предпоставка за формиране на алтернативни схващания.

Сложността на понятието и множеството абстрактни базови знания от различни предмети, могат да доведат до неправилното му разбиране.

Предпоставки за формиране на погрешни схващания у учениците могат да са и някои неточни твърдения, задачи, схеми, както и методични подходи, заложен в учебната документация по предмета или при преподаването му в училище.

2. *Какви са алтернативните концепции на учениците от профилирано обучение за химичното равновесие? Какви са проблемите, свързани с това?*

Установени са общо 17 погрешни схващания на 17 – 19 годишни ученици при: дефиниране на химично равновесие; при предсказване на промени в система в равновесие под влияние на външни фактори; отчитане на особеностите на равновесни хетерогенни системи; определяне на функциите на катализатора в система в химично равновесие; изразяване на равновесната константа; объркване на кинетика и химична термодинамика.

Наличието на подобни мисконцепции в отговорите показва фрагментирано разбиране на тези абстрактни представи, което затруднява по-задълбоченото изучаване на предмета и на ключови природонаучни идеи. Тези мисконцепции очертаха проблеми и дефицити у учащите като: липса на познания за основни понятия; запаметяване без разбиране, което води до неправилни изводи; определяне на научни идеи според използването им в ежедневието; объркване на основни химични идеи; липса на развити ключови умения; прилагане на алгоритми за решаване на проблеми без концептуално разбиране; погрешно прилагане в контекст; липса на умения за задълбочено мислене.

3. *Какви са алтернативните концепции по темата на студентите - бъдещи учители по химия и опазване на околната среда?*

Студентите имат 15 ясно изразени мисконцепции в пет области: характеристики на химичното равновесие; промяна в равновесните условия; функция на катализатора; химично равновесие в хетерогенни системи; объркване на кинетика и химична термодинамика. Това е предпоставка за създаване на мисконцепции у техните бъдещи ученици.

4. *Има ли сходство между алтернативните концепции на ученици и студенти?*

И ученици, и студенти имат сходни алтернативни концепции. Те характеризират химичното равновесие чрез равенство на концентрациите; неправилно използват принципа на Льо Шателие; смесват представите: за скорост и топлинен ефект; за скорост и степен на превръщане; за маса и концентрация. Учащите не разбират: постоянната концентрация на вещества в кондензирана фаза; ролята на катализатора в химичното равновесие; ентропийния фактор при прогнозиране на посоката на реакцията и възможните пречки за протичането на спонтанни реакции.

Сходството в погрешните схващания на ученици и студенти води до извода, че формираните в гимназиалния курс на обучение погрешни схващания могат да бъдат пренесени и на университетско ниво. Този факт показва също и изключителната устойчивост на мисконцепциите.

5. *Какви са проблемите при изучаване на химичното равновесие според учителите, преподаващи в профилирана подготовка?*

Опитните учители успешно разпознават областите на затруднения на учениците по темата и прогнозираят относителния дял на тези от тях, които имат затруднения. Учителите описват някои ученически дефицити в знанията по химия, физика и математика, ключовите умения, способностите, мотивите, нагласите, предишния опит, а също и качеството на тяхната дейност и поведение в учебна среда като причини за затруднения и предпоставки за формиране на погрешни схващания. Преподавателите отчитат проблеми, дължащи се на учебното съдържание, начините за представянето му и намаления хорариум, но и на недостатъчни собствени способности за обяснения по темата. Те посочват дефицит на качествени ресурси

за онагледяване и самостоятелна работа на учениците и неефективност на методите, които поставят ученика в пасивна позиция. Предварителното диагностично тестване на учители показва, че някои от установените проблеми вероятно се дължат на учителски мисконцепции, или на други методологичните аспекти на учебната среда.

Установените проблеми и техните вероятни източници ни насочват към предложения за решаването им (*таблица 3.1*).

Таблица 3.1. Установени проблеми, вероятни източници на затруднения и мисконцепции, и предложения за отстраняването на проблемите

Вероятни източници	Установени проблеми/ дефицити	Предложения
Учебни програми	Липсата на познания на учениците за основни понятия	<i>Подобряване на учебните програми:</i> – съобразяване с „подводните камъни“ в обучението
Учебници	Запаметяване без разбиране, което води до неподходящи обобщения	– поставяне на термодинамика преди кинетика в програми и учебниците – акцент върху ентропийния фактор
Учители	Объркване на основни идеи	<i>Подобряване на учебниците и учебните ресурси за учениците</i>
Учебна среда	Използване на термодинамика за обясняване на ситуации, включващи кинетика и обратно	<i>Подобряване разбирането на учителите за:</i> – ученето, трудностите и мисконцепции на учениците; – природата на науката, историята на науката, научното мислене и практика;
Предварителни знания и умения на учениците	Безкритично използване на емпирични принципи	<i>Подобряване на уменията на учителите за:</i> – диагностика на мисконцепции
Други учебни предмети	Прилагане на алгоритми при решаване на задачи без разбиране	<i>Подобряване на методическата подготовка на учителите за:</i> – подходяща организация и представяне на знанието – актуализация на предварителните знания – акцент върху значимостта на знанията – засилване на критичното мислене – развитие ключови умения у учениците – подбор на подходящи анимации и симулации по темата
Ежедневен опит	Определяне на научни идеи според използването им в ежедневието	– стимулиране на решаването на задачи с разбиране – внимателно използване на знанията за равновесие от физиката и ежедневието – решаване на задачи в контекст и развитие на научната грамотност на учениците
Език и социална среда	Погрешно прилагане на наученото в контекст	– концептуална промяна на мисконцепциите
	Липса на умения за аналитично и критично мислене у учениците	Съобразяване на <i>съставителите на задачи</i> с мисконцепциите и минимизирането им
	Липса на умения за научна комуникация на учащите	<i>Подобряване на научната подготовка на учителите</i>
	Липса на знания на учениците по физика и математика	
	Липса на мотивация на учениците	
	Липса на възможности за визуализация	
	Липса на възможности за самостоятелна работа	
	Затруднения на учителите в обясняването	
	Учителски мисконцепции	

Ограничения, които могат да повлияят на резултатите

Като ограничение на изследването можем да отчетем, че проучването на учениците и учителите е проведено в ограничен брой профилирани училища от определени райони на страната, а това на студентите само в рамките на един университет. Така резултатите не могат да бъдат широкообхватни, обобщени и коментирани за цялата страна, но могат да дадат представа за състоянието на погрешните схващания на учащите и проблемите по темата.

Приноси на изследването

1. Разработен е концептуален модел за изследване и за диагностициране на мисконцепциите на учащите и за разбиране на проблемите при изучаване на конкретна тема от химичното съдържание. Моделът е разработен въз основа на идеите на персоналният конструктивизъм, теорията за концептуална екология и теорията за знанието за педагогическото съдържание.
2. За пръв път са диагностицирани алтернативни концепции по химия на български ученици, в случая – гимназисти в профилирана подготовка. Установени 17 ясно изразени мисконцепции, свързани с химичното равновесие, в шест съдържателни области и е направен опит за анализ на проблемите, довели до тях.
3. За първи път са идентифицирани мисконцепции по химия на български студенти – бъдещи учители по химия и опазване на околната среда и са доказани 15 ясно изразени погрешни схващания в пет съдържателни области, свързани с химично равновесие.
4. При сравнение на алтернативните концепции по темата за химично равновесие на ученици и студенти е доказано сходство на резултатите, което насочва към училищния произход на погрешните схващания и тяхната устойчивост.
5. Проучено е знанието на опитни български учители, преподаващи в профилирана подготовка по химия и опазване на околната среда, за ученическите затруднения по темата, както и за подходите, методите и техниките, използвани за преподаването ѝ.
6. Направен е опит за извеждане на някои проблеми и източници, довели до ученическите мисконцепции и са дадени предложения за решаването на тези проблеми в практиката.

Предложения за приложение на резултатите

Алтернативните концепции не позволяват на учениците да разберат основните идеи, свързани с химичното равновесие, с което се затруднява разбирането на други важни теми от училищния курс и на химията като цяло. Идентифицирането на тези препятствия е първа крачка преди отстраняването им, с цел подобряване на химическото образование.

Резултатите от това проучване могат да помогнат на ученици, учители, университетски преподаватели, съставители на учебни програми, участници в изпитни комисии и изследователи в областта на образованието.

Ако учителите са наясно с погрешните схващания, които учениците имат за химичното равновесие, те ще могат да изберат подходяща методика на преподаване за постигане на концептуално разбиране и достигане на очакваните от учениците резултати от обучението.

Осъзнаването на ученическите алтернативни концепции ще предостави на учителите възможност за вникване в мисленето на учениците, ще им помогне да се вслушват по-внимателно и да работят по-умело с тях.

Съставителите на учебни програми биха могли да използват резултатите от изследването, за да са наясно за „подводните камъни“ в обучението и да изберат подходящите начини за премахването на погрешните схващания и укрепване на правилните ученически разбираня.

Учителите и съставители на учебни програми ще осъзнаят, че методичните насоки в обучението и дидактическите средства всъщност могат да насърчават развиването на алтернативни концепции, които впоследствие са проблемни и трудни или невъзможни за отстраняване.

Нивото на погрешните схващания на бъдещите учители и тези на настоящи учители показват необходимостта от допълнителна научна подготовка в университета от специалисти в научната област.

Изследването може да помогне на университетските специалисти в областта на химическото образование за подобряване на подготовката на учители за откриване и справяне с погрешните схващания на учениците.

Така знанията за погрешните схващания на учащите могат да доведат до предложения за промяна в организация на учебното съдържание, начина на преподаване и онагледяване, както в училище, така и в университета.

Разбирането на ученическите концепции е от съществено значение за създаването на ефективни инструменти за оценяване на научните понятия и по химия. Съставителите на задачи и изпити също могат да се възползват от това проучване, като съобразят изпитните материали и задачи с вероятните мiskonцепции на учениците и начините за минимизирането им.

Историческият преглед на възникването и развитието на идеите, свързани с химичното равновесие може да се приложи в обучението на бъдещи и настоящи учители и да им помогне за по-пълно разбиране на: съдържанието по темата; природата на науката; ученическите идеи, трудности и погрешни схващания и тяхната устойчивост към промяна; начините за подобряване на уменията за критично мислене на учениците.

Перспективи за бъдещи изследвания

Като продължение на настоящата проблематика биха могли да се проведат изследвания на ефективността на определени методи, подходи и средства за концептуалната промяна на алтернативните концепции, свързани с химичното равновесие.

Интересно би било да се проведат и диагностични изследвания на погрешните схващания на българските ученици в други области на химията като кинетика, термохимия, строеж на веществото, теми и идеи от органичната химия и др.

Възможно е да бъде направено едно бъдещо продължително изследване, в рамките на няколко учебни години, на формирането и развитието на погрешните схващания у учениците, например свързани с химичните реакции.

Търсенето на взаимовръзка между погрешните схващания на учениците и техния начин на учене и ниво на мислене е интересна зависимост, заслужаваща обстойно и задълбочено проучване.

Изследването на учителските погрешни схващания и тяхното влияние върху ученически алтернативни концепции по определена тема също би допринесло за знанията в областта на науката за образованието.

Бележки

- 1) South Australian Certificate of Education <https://www.sace.sa.edu.au/>

Литература

- Тафрова-Григорова, А. (2007). *Съставяне на тестове (приложено към обучението по химия)*. София: Педагог 6.
- Тафрова-Григорова, А. (2013). Съвременни тенденции в природонаучното образование на учениците. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy (BJSEP)*, 7, 121 – 200.
- Тафрова-Григорова, А. (2016). Исторически корени и развитие на конструктивизма. *Химия*, 25, 75 – 106.
- Тошев, Б. В. (1994). Методични бележки върху учебното съдържание по химия в средното училище. 1. Ентропия. *Химия*, 3, 1 – 8.
- Тошев, Б. В. (1996). Методични бележки върху учебното съдържание по химия в средното училище: закон за действие на масите. *Химия*, 5, 28 – 31.
- Тошев, Б. В. (2002). Грешки, недоразумения и заблуждения в преподаването на химия в средното училище. *Химия*, 11, 447 – 452.
- Тошев, Б. В. (2012). Концептуална схема на училищния курс по химия – макроскопски подход. *Химия*, 21, 669 – 683.
- Тошев, Б. В. (2013). Бележки върху българската училищна химия: химична термодинамика и химично равновесие. *Химия*, 22, 369 – 379.
- Тошев, Б. В. (2014). Природонаучна неграмотност – конструктивизъм – мисконцепции – историческа чувствителност. *Химия*, 23, 9 – 17.
- Тошев, Б. В. & Петева, З. (2011). Заблуди в училищния курс по химия – може ли анализът на исторически текстове да помогне за тяхното преодоляване: закон за действие на масите. *Химия*, 20, 266 – 276.
- Atkins, P.W. & De Paula, J. (2006). *Physical chemistry*. New York: Freeman.
- Banerjee, A.C. & Power, C.N. (1991). The development of modules for teaching of chemical equilibrium. *Int. J. Sci. Educ.*, 13, 355 – 362.
- Banerjee, A.C. (1995). Teaching chemical equilibrium and thermodynamics in undergraduate general chemistry classes. *J. Chem. Educ.*, 72, 879 – 881.
- Bergquist, W. & Heikkinen, H. (1990). Students ideas regarding chemical equilibrium. *J. Chem. Educ.*, 67, 100 – 103.
- Birk, J. P., & Kurtz, M. J. (1999). Effect of experience on retention and elimination of misconceptions about molecular structure and bonding. *Journal of Chemical education*, 76, 124.
- Brown, T.E., LeMay, H .E., Bursten, B .E., Murphy, C., Woodward, P. & Stoltzfus, M.E. (2012). *Chemistry: the central science*. Boston: Pearson Prentice Hall.
- Burgoon, J. N., Heddle, M. L., & Duran, E. (2011). Re-examining the similarities between teacher and student conceptions about physical science. *Journal of Science Teacher Education*, 22, 101 – 114.
- Bybee, R. W., Powell, J. C., Ellis, J. D., Giese, J. R., Parisi, L., & Singleton, L. (1991). Integrating the history and nature of science and technology in science and social studies curriculum. *Science Education*, 75, 143 – 155.
- Cheung, D. (2009). The adverse effects of Le Châtelier's principle on teacher understanding of chemical equilibrium. *J. Chem. Educ.*, 86, 514 – 518.
- Chi, M. T. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science (pp. 129 – 160). In: R. Giere (Ed.), *Cognitive models of*

- science: Minnesota studies in the philosophy of science*. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- Chi, M. T., Slotta, J. D., & De Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and instruction*, 4, 27 – 43.
- Chu, H.E., Treagust, D.F. & Chandrasegaran, A.L. (2009). A stratified study of students' understanding of basic optics concepts in different contexts using two-tier multiple-choice items. *Res. Sci. & Tech. Educ.*, 27, 253 – 265.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2017). *Research methods in education* (8th Ed). London: Routledge.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Thousand Oaks: SAGE publications.
- De Jong, O. & Taber, K. (2014). The many faces of high school chemistry (pp. 457 – 480). In: Lederman, N.G. & Abell, S.K. (Eds.). *Handbook of research on science education*, vol. 2. New York: Routledge.
- Dhindsa, H. & Treagust, D. (2009). Conceptual understanding of Bruneian tertiary students: chemical bonding and structure. *Brunei Int. J. Sci. & Math. Educ.*, 1, 33 – 51.
- Driscoll, D.R. (1960). The Le Chatelier principle. *Australian Sci. Teachers J.*, 6, 7 – 15.
- Dumon, A. & Mzoughi-Khadhraoui, I. (2014). Teaching chemical change modeling to Tunisian students: an “expanded chemistry triplet” for analyzing teachers’ discourse. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 70 – 80.
- Erdemir, A. Ö., Geban, Ö., & Uzuntiryaki, E. (2000). Freshman Students' Misconceptions in Chemical Equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 18, 79-84.
- Fleer, M. (1999) Children’s alternative views: alternative to what? *International Journal of Science Education*, 21, 119 – 135.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2011). *How to design and evaluate research in education*. New York: McGraw-Hill Humanities/Social Sciences/Languages.
- Fraser, S. P. (2016). Pedagogical content knowledge (PCK): Exploring its usefulness for science lecturers in higher education. *Research in Science Education*, 46, 141 – 161.
- García-Lopera, R., Calatayud, M. L., & Hernández, J. (2014). A Brief Review on the Contributions to the Knowledge of the Difficulties and Misconceptions in Understanding the Chemical Equilibrium. *Asian Journal of Education and e-Learning*, 2.
- Garnett, P.J. & Hackling, M.W. (1995). Students’ alternative conceptions in chemistry: a review of research and implications for teaching and learning. *Stud. Sci. Educ.*, 25, 69 – 95.
- Gilbert, J. K. & Swift, D. J. (1985). Towards a Lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, 69, 681 – 696.
- Griffiths, A. K. (1994). A critical analysis and synthesis of research on students’ chemistry misconceptions (pp. 70 – 99). In Schmidt, H. J. (Ed.), *Proceedings of the 1994 International Symposium Problem Solving and Misconceptions in Chemistry and Physics*. Hong Kong: ICASE Publications.
- Grossman, P.L. (1990). *The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press
- Hackling, M. W., & Garnett, P. J. (1985). Misconceptions of Chemical Equilibrium. *European Journal of Science Education*, 7, 205-214.
- Hewson, P. (1982). A case study of conceptual change in special relativity: The influence of prior knowledge in learning. *European Journal of Science Education*, 4, 61 – 78.
- Holme, T. A., Luxford, C. J., & Brandriet, A. (2015). Defining conceptual understanding in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 92, 1477 – 1483.

- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry – logical or psychological?. *Chemistry Education Research and Practice*, 1, 9 – 15.
- Johnstone, A.H., MacDonald, J.J., & Webb, G. (1977). Chemical equilibrium and its conceptual difficulties. *Education in Chemistry*, 14, 169 – 171.
- Karpudewan, M., Treagust, D.F., Mocerino, M., Won, M. & Chandrasegaran, A. L. (2015). Investigating high school students understanding of chemical equilibrium concepts. *Int. J. Environ. & Sci. Educ.*, 10, 845 – 863.
- Keig, P. F. (1990). *Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning ability, spatial reasoning ability, gender, and prior knowledge in high school chemistry students*. Unpublished doctoral dissertation, Pennsylvania State University, Harrisburg.
- Kim, S. Y., & Irving, K. E. (2010). History of science as an instructional context: Student learning in genetics and nature of science. *Science & Education*, 19, 187 – 215.
- Konicek-Moran, R. & Keely, P. (2015). *Teaching for conceptual understanding in science*. Arlington, Virginia: NSTApress.
- Lin, H., & Cheng, H. (2000). The assessment of students and teachers' understanding of gas laws. *Journal of Chemical Education*, 77, 235 – 238.
- Lucariello, J., & Naff, D. (2013). How do I get my students over their alternative conceptions (misconceptions) for learning. *Removing barriers to aid in the development of the student*. Washington: American Psychological Association.
- Maskill, R., & Cachapuz, A. F. (1989). Learning About Chemistry Topic of Equilibrium: the Use of Word Association Tests to Detect Developing Conceptualizations. *International Journal of Science Education*, 11, 57-69.
- Matthews, M.R. (1994). *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry. *Journal of Chemical Education*, 69, 191 – 196.
- Novak, J. (1988). Learning science and the science of learning. *Studies in Science Education*, 15, 77 – 101.
- Odom, A.L. & Barrow, L.H. (1995). Development and application of two-tier diagnostic test measuring college biology students' understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction. *J. Res. Sci. Teaching*, 32, 45 – 61.
- Özmen, H. (2008). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium: a review of research and the case of Turkey. *Chem. Educ. Res. Practice*, 9, 225 – 233.
- Papageorgiou, G. & Sakka, D. (2000). Primary school teachers' views on fundamental chemical concepts. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1, 237 – 247.
- Pedrosa, M. A. & Dias, M.H. (2000). Chemistry textbook approaches to chemical equilibrium, and student alternative conceptions, *Chem. Educ.: Res. & Practice Europe*, 1, 227 – 236.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211 – 227.
- Quílez, J. (2004). Changes in concentration and in partial pressure in chemical equilibria: students' and teachers' misunderstandings. *Chem. Educ. Res. & Pract.*, 5, 281 – 300.
- Quílez, J. (2008). Theories in the evolution of chemical equilibrium (pp. 695-708). In: Bartomeu-Sánchez, J.R, Burns, D.T. & Van Tiggelen, B. (Eds.). *Neighbours and territories: the evolving identity of chemistry*. Louvain-la-neuve: Mémosciences.
- Quílez-Pardo, J., & Solaz-Portolés, J. J. (1995). Students' and teachers' misapplication of Le Chatelier's principle: Implications for the teaching of chemical equilibrium. *Journal of Research in Science teaching*, 32, 939 – 957.

- Sanger, M. J. (1996). *Identifying, attributing, and dispelling student misconceptions in electrochemistry*. Unpublished doctoral dissertation, Iowa State University, Ames.
- Schleicher, A (2019). *PISA 2018: Insights and Interpretations*. Paris: OECD.
- Shulman, L.S, 1986. Those who understand knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4 – 14.
- Silverberg, L .J. (2015). Are the concepts of dynamic equilibrium and the thermodynamic criteria for spontaneity, nonspontaneity, and equilibrium compatible. *J. Chem. Educ.*, 92, 655 – 659.
- Sirhan, G., (2000). A Study of the Effects of Pre-learning with First Year University Chemistry Students, *PhD Thesis*, University of Glasgow.
- Stojanovska, M. I., Petruševski, V. M., & Šoptrajanov, B. T. (2012). Addressing students' misconceptions concerning chemical reactions and symbolic representations. *Chemistry: Bulg. J. Sci. Educ*, 21, 829 – 852.
- Stojanovska, M., Petruševski, V., Köller, H. & Karlsen, S. (2015). Students' Alternative Conceptions and Ways to overcome them (pp. 175 – 202). In: Maciejowska, I., & Byers, B. (Eds.). *A Guidebook of Good Practice for the Pre-service Training of Chemistry Teachers*. Krakow: Faculty of Chemistry, Jagiellonian University.
- Strike. K. A. & Posner, G.J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In Duschl, R. A. & Hamilton, R. J. (Eds.) (1992). *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Albany: State University of New York Press.
- Solaz, J.J. & Quílez, J. (2001). Changes of extent of reaction in open chemical equilibria. *Chem. Educ. Res. Practice Europe*, 2, 303 – 312.
- Sözbilir, M., Pınarbaşı, T., & Canpolat, N. (2010). Prospective chemistry teachers' conceptions of chemical thermodynamics and kinetics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6, 111 – 120.
- Taber, K. (2001b). Building the structural concepts of chemistry: Some considerations from educational research. *Chemistry Education Research and Practice*, 2, 123 – 158
- Taber, K. (2009a). *Progressing science education. Constructing the scientific research programme into the contingent nature of learning science*. The Netherlands: Springer.
- Taber, K. (2009b). Challenging misconceptions in the chemistry classroom: resources to support teachers. *Educació Química*, 4, 13 – 20.
- Taber, K. S. (2009c). Progressing the constructivist research programme to advance teaching and learning about the nature of science (pp. 37 – 57). In I. M. Saleh & M. S. Khine (Eds.), *Fostering scientific habits of mind: Pedagogical knowledge and best practices in science education*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Taber, K. S. (2014). *Student thinking and learning in science: Perspectives on the nature and development of learners' ideas*. London: Routledge.
- Taber, K. S. (2016). Constructivism in Education: Interpretations and Criticisms from Science Education (pp. 116 – 144). In E. Railean, G. Walker, A. Elçi, & L. Jackson (Eds.), *Handbook of Research on Applied Learning Theory and Design in Modern Education*. Hershey, PA: IGI Global.
- Talanquer, V. (2013). Chemistry education: Ten facets to shape us. *Journal of Chemical Education*, 90, 832 – 838.
- Treagust, D.F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *Int. J. Sci. Educ.*, 10, 159 – 169.
- Treagust D. F., (1995), Diagnostic assessment of students' science knowledge (pp. 327 – 346). In S.M. Glynn and R. Duit (Eds.), *Learning in science in the schools: Research reforming practice* (Vol. 1). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Treagust, D. F., Duit, R. & Fraser, B. J. (1996). *Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics*. Teachers College Press, New York, USA.
- Tsui, C.Y. & Treagust, D.F. (2010). Evaluating Secondary students' scientific reasoning in genetics using a two-tier diagnostic instrument. *Int. J. Sci. Educ.*, 32, 1073 – 1098.
- Turányia, T. & and Tóth, Z. (2013). Hungarian university students' misunderstandings in thermodynamics and chemical kinetics, *Chemistry Education Research and Practice*, 14, 105–116.
- Tyson, L., Treagust, D.F. & Bucat, R. B. (1999). The complexity of teaching and learning chemical equilibrium. *J. Chem. Educ.*, 76, 554 – 558.
- Van Driel, J.H., De Vos, W., Verloop, N. & Dekkers, H. (1998). Developing secondary students' conceptions of chemical reactions: the introduction of chemical equilibrium. *Int. J. Sci. Educ.*, 20, 379 – 392.
- Van Driel, J.H. & Gräber, W. (2002). The teaching and learning of chemical equilibrium (pp. 271-292). In: Gilbert, J.K., de Jong, O., Treagust, D.F. & van Driel, J.H. (Eds.). *Chemical education: towards research-based practice*. Dordrecht: Kluwer.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Voska, K.W. & Heikkinen, H.W. (2000). Identification and analysis of student conceptions used to solve chemical equilibrium problems. *J. Res. Sci. Teaching*, 37, 160 – 176.

Публикации по темата на дисертацията

1. **Атанасов К.**, Генджова А. (2018). Историческото развитие на идеите за химична обратимост и химично равновесие – основа за преподаването и изучаването им. *Химия*, 27, 731 – 748.
2. **Атанасов К.**, Генджова А. (2019). Ученически погрешни схващания, свързани с химичното равновесие. *Химия*, 28, 314 – 330.

Списък на други публикации на автора

- Манев, С., **Атанасов, К.** & Михова, Л. (2017). Химия и опазване на околната среда за 8. клас. София: Просвета – София.
- Манев, С., **Атанасов, К.** & Михова, Л. (2017). Учебна тетрадка по химия и опазване на околната среда за 8. клас. София: Просвета – София.
- Манев, С., **Атанасов, К.** & Михова, Л. (2017). Книга за учителя по химия и опазване на околната среда за 8. клас. София: Просвета – София.
- Ташева, Д., **Атанасов, К.**, Манев, С. & Михова, Л. (2018). Химия и опазване на околната среда за 9. клас. София: Просвета – София.
- Ташева, Д., **Атанасов, К.**, Манев, С. & Михова, Л. (2018). Учебна тетрадка по химия и опазване на околната среда за 9. клас. София: Просвета – София.
- Ташева, Д., **Атанасов, К.**, Манев, С. & Михова, Л. (2018). Книга за учителя по химия и опазване на околната среда за 9. клас. София: Просвета – София.
- Цаковски, С., Василева, П., Генджова, А., Толев, Б., Дочева, М. & **Атанасов, К.** (2019). Химия и опазване на околната среда за 10. клас. София: Анубис.
- Цаковски, С., Василева, П., Генджова, А., Толев, Б., Дочева, М. & **Атанасов, К.** (2019). Учебна тетрадка по ХООС за 10. клас. София: Анубис.
- Цаковски, С., Василева, П., Генджова, А., Толев, Б., Дочева, М. & **Атанасов, К.** (2019). Книга за учителя по химия и опазване на околната среда за 10. клас. София: Анубис.
- Пейков, П., Златков, Ал., Михова, Л. & **Атанасов, К.** (2011). Всичко за матурата по химия и опазване на околната среда. София: Просвета – София.
- Пейков, П., Златков, Ал., Михова, Л. & **Атанасов, К.** (2012). Всичко за кандидат-студентите по химия за специалности медицина, стоматология, фармация. София: Просвета – София.
- Пейков, П., Златков, Ал., Михова, Л. & **Атанасов, К.** (2016). Всичко за кандидат-студентите по химия за специалности медицина, стоматология, фармация. Решени задачи. София: Просвета – София.
- Atanassov, K.** & Tasheva, D. (2018). Chemistry and environmental protection. 9th grade. Part 1. Sofia: Prosveta – Sofia
- Atanassov, K.** & Tasheva, D. (2018). Chemistry and environmental protection. 9th grade. Part 2. Sofia: Prosveta – Sofia
- Atanassov, K.** & Ivanova, P. (2015). Chemistry. Study guide. Grade 11. Sofia: Prosveta – Sofia
- Atanassov, K.** & Ivanova, P. (2014). Chemistry. Study guide. Grade 9. Sofia: Prosveta – Sofia
- Atanassov, K.** (2019). Chemistry and environmental protection. 10th grade. Sofia: Prosveta – Sofia

Доклади на научни конференции

1. **Атанасов К.**, Генджова А. Историческо развитие на представите за химическа обратимост и химично равновесие. 47-а национална конференция на учителите по химия с международно участие „Добри практики и изследвания в химическото образование: наблюдения, опити, уроци, извънкласни дейности“, 27 – 29 октомври 2017, Благоевград.
2. **Атанасов К.**, Генджова А. Ученически погрешни схващания, свързани с химичното равновесие. 48-а Национална конференция на учителите по химия с международно участие на тема: „Актуални тенденции в химическото образование“, 25 – 27 октомври 2019, София.