

ТРУДНИ ТЕМИ В УЧЕБНОТО СЪДЪРЖАНИЕ ПО ХИМИЯ ОТ ГЛЕДНА ТОЧКА НА УЧИТЕЛИТЕ

Калин Чакъров

Софийски университет „Св. Климент Охридски“ (България)

Резюме. Знанията на учителите за трудностите на учащите по химия са значим елемент от педагогическото предметно знание и ключов фактор за ефективно преподаване. Изследването цели да установи гледната точка на учителите за това кои теми от учебното съдържание са трудни и кои са интересни за учениците; причините за затрудненията и важните за успеха им умения. Направено е анкетно проучване с 20 български учители по химия от различни училища. Преподавателите мислят, че е важно учащите да разбират учебното съдържание, да учат самостоятелно и да мислят логично. Те определят като най-трудни темите „Химично равновесие“, „Химични изчисления“ и „Органична химия“. По-лесни и интересни според тях са „Метали, неметали и техни съединения“, „Окислително-редукционни процеси“ и „Строеж на атома“. Затрудненията на учениците се дължат на: абстрактната природа на химията; факта, че изучаването ѝ изисква усилия, системност и математически познания; намаления брой часове и липсата на интерес у учениците към предмета.

Ключови думи: учебна програма по химия; трудни теми в обучението по химия; педагогическо предметно знание

Въведение

Химията е един от най-важните клонове на науката – тя дава възможност на учениците да разбират това, което се случва около тях, и да придобият ярна научна картина за света. Тъй като темите по химия са свързани със строежа на веществата, химията се оказва труден предмет за много ученици. Учебните програми по химия обикновено включват много абстрактни понятия, важни както по химия, така и по други природни науки (Taber 2002). Абстрактният характер на химията, заедно с връзката ѝ с математиката означава, че за изучаването ѝ са необходими умения за мислене на високо ниво (Taber 2002; Sirhan 2007). Една от основните характеристики на химията е постоянното взаимодействие между макроскопското и микроскопското ниво на мислене, което представлява значително предизвикателство за учащите (Bradley & Brand 1985; Taber 2001; Taber 2013). Например проблемни тематични области от глед-

на точка на учениците са теми като количество вещество [мол] (Johnstone 1974; Gilbert & Watts 1983), химична промяна и реактивоспособност (Zoller 1990; Abraham, Grzybowski, Renner et al. 1992), строеж на атома (Zoller 1990; Harrison & Treagust 1996), химична връзка (Taber 2002; Taber & Coll 2003; Coll & Treagust 2003), молекулно-кинетична теория (Taylor & Coll 1997), термодинамика (Abraham, Grzybowski, Renner et al. 1992; Özmen & Ayas 2003), разтвори (Ravialo 2001; Goodwin 2002; Pinarbaş & Canpolat 2003; Çalık, Ayas & Ebenezer 2005; Çalık, Ayas & Coll 2006), органична химия (O'Dwyer & Childs 2011; O'Dwyer & Childs 2017; Donkoh 2017) и други. Допълнително затруднение е химичният език, който свързва макроскопското и субмикроскопското ниво (Gabel 1999; Taber 2013; Dumon & Mzoughi-Khadhraoui 2014). Сложната лексика, новите значения на познати от всекидневието думи и стегнати стил на изложение на учебния материал завишават когнитивните изисквания пред учениците (Snow 2010; Taber 2009; Quílez 2019). Химията изисква разбиране, а не наизустяване. Ако разбирането липсва, учениците показват погрешни схващания, учене наизуст и неразбиране по време на изпитване (Johnstone 1984; Mortimer & Scott 2000; Sirhan 2007; Quílez 2019).

Знанията на учителите за ученическите трудности по предмета и причините за тях са важен елемент от педагогическото предметно знание в образователните изследвания в областта на природните науки (Kind 2009; Fernandez 2014) и са ключов елемент за ефективно преподаване (Coe, Aloisi, Higgins et al. 2014).

Изследванията, свързани с трудностите при изучаване на природни науки, са главно по физика и биология (Pfundt & Duit 1998, цит. по Treagust, Nieswandt, & Duit 2000). Малка част от изследванията са по химия. Още по-малко от тях са посветени на педагогическото предметно знание, свързано с трудностите по химия и причините за тях.

Актуалността и значимостта на проблема определя темата на настоящото изследване. Поставени са следните изследователски въпроси:

1. Кои теми от учебното съдържание по химия учителите смятат за трудни за своите ученици?
2. Кои теми се приемат от учителите за интересни за техните ученици?
3. Кои умения се преценяват от учителите като важни за успеха на учениците им по химия?
4. Какви са причините за затрудненията по предмета според учителите?

Преглед на литературата

Знанията на учителите са важен аспект за осигуряване на качествено преподаване и изучаване на всеки учебен предмет. Значителен компонент от знанието, свързано с преподаването, е „педагогическото предметно знание“ (Pedagogical Content Knowledge, PCK). PCK е знание за преподаване и

изучаване на конкретния учебен предмет, отчитащо специфичните му изисквания (Shulman 1986). За изследвания на знанията на учителите по природните науки, и в частност по химия, се използват различни модели на РСК, като най-широко използван е моделът на Magnusson, Krajcik & Borko (1999) (Jong, Van Driel & Verloop 2005; Henze Van Driel & Verloop 2008; Wei & Liu 2018). Според този модел „РСК по природни науки включва знания на учителите за: ориентации им към преподаването (убеждения за целите на обучението, за природата на науката и знания за вземане на решения за преподаването); знания за разбирането на учениците по предмета (какво и защо е трудно на учениците и какви са погрешните им схващания); знания за учебната програма (какво и кога да се преподава); знания за оценяването (защо, какво и как да се оценява); знания за стратегиите за обучение (как конкретно се преподава самата тема)“ (цит. по Генджова, Маркова & Чакъров 2022).

Изследвания, свързани с учителското знание за трудните области в учебното съдържание по химия, са правени в различни страни.

De Quadros, Carvalho Da-Silva, Silva et al. (2011) провеждат анкетно проучване сред учители от Бразилия относно трудните области от учебното съдържание по химия в гимназиален етап и използваните за преподаването им подходи, методи и средства. Количественият аспект на химията е най-често посочваната област на затруднения. За основни пречки в преподаването му се считат слабата математическа подготовка на учениците и невъзможността да разтълкуват условието на поставените задачи. Авторите отбелязват, че нито един учител обаче не свързва трудностите в тази област с необходимите химични знания. Втората най-трудна област, според учителите, е органичната химия, като тук авторите не посочват конкретни причини. На трето място по трудност учителите поставят строежа на веществото, обосновавайки се с абстрактната природа на темата, трудно разбиране и визуализиране на отделните теоретични модели, както и липсата на знания от физиката.

Изследване на Broman, Ekborg & Johnels (2011) съпоставя мнението на ученици и учители в Швеция относно трудните и интересните области от учебното съдържание, както и препоръките им за подобряване на учебния процес. Мнението на ученици и учители по отношение на трудните теми не съвпада, но се оказва, че някои теми са едновременно интересни и лесни за учениците – например строеж на атома, докато други са трудни за разбиране, но въпреки това интересни – например биохимия. И учителите, и учениците отчитат необходимост от повече лабораторни занятия и връзки към практическото приложение на наученото.

Monica (2013) проучва мнението на ученици и учители относно причините за затрудненията по химия в прогимназиален етап. Участници в изследването

са учители по химия и ученици от основни училища в Нигерия. Съпоставка на отговорите на двете групи участници показва, че те считат в най-голяма степен лошите математически умения и малкия брой практически дейности като причина за срещаните затруднения по предмета.

Uchegbu, Anozieh, Mbadiugha et al. (2015) анкетирали учители по химия от училища в Нигерия, за да установят възприятието им за пречките в обучението по предмета. Анализът на данните показва, че пречки за ефективно преподаване на химия са: липсата на квалифицирани учители и оборудвани лаборатории, шумната учебна среда, както и възприемането на химията като труден и теоретичен предмет от страна на учениците. Въз основа на тези констатации авторите препоръчват наемането на квалифицирани учители, които посредством различни способи да се стремят да поддържат интереса на учащите. Подчертава се също необходимостта от сътрудничество между училищните ръководства и правителството за обезпечаване на материалната база и провеждането на ползотворни лабораторни занятия.

Bilek, Chroustova, Rychtera et al. (2019) проучват мнението на учители от четири региона в Чешка република относно критичните области в учебната програма по химия за прогимназиален етап. Според учителите това са: химични уравнения, химична номенклатура, химични изчисления и строеж на веществото. Предположенията на изследователите се потвърждават – сред избраните теми попадат такива с висока степен на абстрактност и изискващи математически умения.

Атанасов & Генджова (2019) изследват знанията на българските учители за ученическите трудности и погрешни схващания по темата за химичното равновесие.

Генджова, Маркова & Чакъров (2022) определят педагогическото предметно знание за ученическите трудности по органична химия на базово ниво в IX клас, причините за затрудненията и начините за преодоляването им. Проведени са: анкета с учители и интервю с изявени учители. Установени са най-трудните области на компетентност: *Химични процеси* и *Експеримент и изследване*. Затрудненията според учителите се дължат на: самия предмет (формули, терминология, обем, логика, представяне); учебните програми; училищните условия и ученическите характеристики (подготовка, мотивация, навици, начини на учене). Като най-ефективни методи за обучение преподавателите посочват: решаване на задачи, лабораторни упражнения, беседа, онагледяване, проблемно обучение.

Чакъров & Генджова (2021) проучват трудните теми в учебните програми по химия за общозадължителна подготовка от гледна точка на учениците, както и темите, които са им интересни; причините на затрудненията им и начини за преодоляването им. Анкетирани са ученици на 16 – 17-годишна възраст. Като най-трудните теми са определени *Органична химия* и *Величини и зави-*

симости, а като най-интересни – *Органична химия* и *Теория за електролитната дисоциация*. *Киселини и основи*. Учениците свързват затрудненията с информационно претоварване, акцент върху запомнянето, вместо разбирането и липсващи връзки с практиката и препоръчват повече лабораторни занятия и практическо приложение на наученото.

При проучване на литературата не бе открито изследване на педагогическото знание за трудностите на българските ученици при изучаване на отделни теми от учебното съдържание по химия.

Методология

За да се установи педагогическото предметно знание на учителите, свързано с трудностите на техните ученици по химия, е проведено анкетно проучване на хартиен носител в периода април 2018 – март 2019 година.

Участници

Учителите, участвали в изследването, са общо 20. От тях 85% са жени и 15% – мъже. Опитните преподаватели, с голям педагогически стаж (над 20 г.) са над половината от анкетираните (55%). Тези със стаж между 11 и 20 г. са една четвърт (25%), а младите учители, със стаж до 3 г., са една пета (20%) от извадката. Половината учители (50%) работят в средни училища, 25% – в математически/природо-математически гимназии, и по 10% – в езикова, съответно професионална гимназия. Повечето от тях (60%) преподават само по химия, а останалите са с двойни специалности (химия и физика или химия и биология).

Инструментарий

За събиране на информация от учителите е използвана анкетна карта (адаптирана по Broman, Ekborg & Johnels 2011) с 6 въпроса, дадена в *Приложение I*.

Попълването на анкетата е напълно анонимно. В началото на анкетната карта са поставени въпроси, чрез които се събира информация за предметите, които анкетираният учител преподава, вида на училището, в което работи, както и придобития учителски стаж.

Първият въпрос проучва учителското мнение за нивото на подготовка и мотивацията на техните ученици. От учителите се изисква да изразят степента си на съгласие с твърденията: имат високи резултати по предмета, тестовете по химия са им лесни, могат да прилагат наученото в нови задачи и ситуации, чувстват, че това, което са научили, е важно за тях и са мотивирани да учат по предмета.

Чрез втория въпрос учителите изразяват своето мнение за важността на уменията, необходими за успеха на техните учениците по предмета. Учители-

те избират измежду следните умения: помнят формули и информация, разбират научните понятия, принципи и закони, подбират и сравняват информация от различни източници, работят съвместно в екип, решават творчески задачи и практически проблеми, правят обосновани изводи и заключения, споделят и представят идеите си пред другите, учат самостоятелно.

С третия въпрос от учителите се изисква да посочат пет теми от учебното съдържание, които според тях са най-интересни за учениците.

Четвъртият въпрос събира информация за това кои теми учителите считат за трудни за учащите.

Петият въпрос проучва кои са причините, според учителите, за затрудненията на учениците при изучаване на посочените теми. Изброени са причините: малко са химичните опити, понятията са абстрактни, онагледяването е с модели и схеми, използва се математика, необходими са логика и мислене, изискват се усилия и системност, използва се химичен език и символи, необходимо е запаметяване, материалът е обемен, часовете за тях са малко, не се вижда връзката с практиката и друго.

Чрез шестия въпрос се търси информация за затрудненията, срещани от учителите при преподаване на темите, които определят като трудни за учениците. Тук са изброени затрудненията: липса на време, липса на интерес у учениците, липса на навици за учене на учениците, липса на дисциплина, трудности в организацията, няма подходяща литература по темата, няма подходящи помагала за учениците, липса на технологии в час, няма лаборатория в училище, не се оценяват моите усилия и труд и друго.

Анализ на резултатите

За изразяване степента на съгласие с твърденията към първи въпрос се използва скалата: **1** = *напълно съм несъгласен*; **2** = *отчасти съм несъгласен*; **3** = *нито съгласен, нито несъгласен*; **4** = *отчасти съм съгласен*; **5** = *напълно съм съгласен*. Процентът на съгласие с дадено твърдение е относителната честота на отговорилите с 4 и 5. Важността на уменията във втори въпрос се оценява чрез скалата: **1** = *не е важно*; **2** = *важно е в малка степен*; **3** = *важно е в значителна степен*; **4** = *много е важно*. Процентът отговорили, че дадено умение е важно, е на отговорилите с 4 и 5.

Отговорите на учителите към трети и четвърти въпрос са събрани и въведени в таблици за разпределение по честотата. За всяка тема е определен индекс на трудност (ИТ), респективно индекс на интерес (ИИ), които представляват относителната честота на посочване на съответната тема, изразена в проценти.

При анализа на отговорите на пети и шести въпрос е определена относителната честота на тяхното посочване.

Резултати

Много и различни фактори оказват влияние върху практиката на обучението по природни науки. Сред тях са отношението към учебния предмет и мотивацията за неговото изучаване. Учителите бяха помолени да опишат своите ученици според постиженията и отношението им към предмета. 65% от анкетираните (13/20) твърдят, че обучават ученици с високи резултати по химия, а 45% от тях (9/20) – че учениците им са мотивирани да учат по предмета. Въпреки това 85% от преподавателите (17/20) посочват, че тестовете по химия са трудни за обучаваните, като според 60% от анкетираните (12/20) учащите не могат да прилагат знанията си на практика.

Важни умения за успех по предмета

Преди да попитаме учителите за причините за ученическите затруднения, поискахме от тях да посочат уменията, които считат за важни за успешно изучаване на предмета. Получените отговори по този въпрос са подредени по ранг в таблица 1.

Таблица 1. Важни умения за успеха по предмета според учителите (подредени по ранг)

Ранг	Умения за успех по предмета	Честота, %
1	Разбиране на научни понятия, принципи и закони	95
2	Самостоятелно учене	90
3	Правене на обосновани изводи и логични заключения	85
4	Работа съвместно в екип	45
4	Подбиране и сравняване на информация от източници	45
6	Решаване на творчески задачи и практически проблеми	40
6	Споделяне и представяне на идеите пред другите	40
8	Помнене на формули и информация	35

От таблицата се вижда, че най-важни умения според учителите са разбирането на научните понятия, принципи и закони (95%), самостоятелното учене (90%) и правенето на обосновани изводи и логични заключения (85%).

Интересни теми от учебното съдържание

Темите от учебното съдържание, които според учителите са интересни за учениците, са ранжирани по индекс на интерес (ИИ, %) в табл. 2.

Таблица 2. Интересни теми за учениците според учителите (подредени по ранг)

Ранг	Теми	ИИ, %
1	Метали, неметали и техни съединения	60
2	Окислително-редукционни процеси	55
3	Строеж на атома	50
4	Теория за електролитната дисоциация	45
5	Периодична таблица и закономерности	40
6	Химична връзка	25
6	Валентност и степен на окисление	25
8	Органична химия	15
9	Свойства на разтворите	10
10	Скорост на химичните реакции. Катализа	0
10	Химични изчисления. Величини и зависимости	0
10	Термохимия	0
10	Химично равновесие	0

Според преподавателите най-интересни за учениците са темите *Метали, неметали и техни съединения* (60%), *Окислително-редукционни процеси* (55%) и *Строеж на атома* (50%). Най-безинтересни са *Химично равновесие*, *Термохимия*, *Скорост на химичните реакции* и *Химични изчисления. Величини и зависимости*. Към сравнително безинтересните теми спадат и *Свойства на разтворите* и *Органична химия*.

Трудни теми от учебното съдържание

Темите от учебното съдържание, които учителите считат за трудни за учениците си, са ранжирани по индекс на трудност (ИТ, %) в табл. 3.

Таблица 3. Трудни теми за учениците според учителите (подредени по ранг)

Ранг	Теми	ИТ, %
1.	Химично равновесие	70
2.	Химични изчисления. Величини и зависимости	65
3.	Органична химия	60
4.	Окислително-редукционни процеси	55
4.	Термохимия	55
6.	Скорост на химичните реакции. Катализа	35
7.	Валентност и степен на окисление	25

8.	Теория на електролитната дисоциация	15
8.	Свойства на разтворите	15
8.	Химична връзка	15
8.	Периодична таблица и закономерности	15
12.	Строеж на атома	10
13.	Метали, неметали и техни съединения	5

Темите, които учителите най-често посочват като трудни за учениците са: *Химично равновесие (70%), Химични изчисления. Величини и зависимости (65%) и Органична химия. Въглеродороди и техни производни (60%)*.

Най-лесни според учителите са *Метали, неметали и техни съединения и Строеж на атома*. Останалите теми могат да се приемат като нито лесни, нито трудни.

Причини за затруднения по предмета според учителите

Помолихме учителите да посочат и причините за затрудненията на учениците. Отговорите им са ранжирани по честота в таблица 4.

Таблица 4. Причини за затрудненията по предмета според учителите (поредени по ранг)

Ранг	Причини за затрудненията	Честота, %
1	Часовете са малко	75
1	Понятията са абстрактни	75
3	Изискват се усилия и системност	70
4	Използва се математика	60
5	Не се вижда връзката с практиката	45
6	Използва се химичен език и символи	30
6	Материалът е обемен	30
6	Необходими са логика и мислене	30
9	Малко химични опити	25
10	Онагледяването е с модели и схеми	20
11	Необходимо е запаметяване	0
11	Друго	0

Като причини за затрудненията учителите най-често посочват, че часовете са малко (75%), химичните понятия са абстрактни (75%), изискват се усилия и системност (70%) и се използва математика (60%).

В отговор на шести въпрос педагозите трябваше да отбележат и пречките,

които срещат в преподавателската си работа. Най-често срещаните затруднения от страна на учителите са: липса на интерес у учениците; липса на време; слаба дисциплина и затруднения с материалната база.

Обсъждане

Резултатите от настоящото изследване дават представа за педагогическото знание на български преподаватели за трудностите на учениците им по определени теми от учебното съдържание по химия. Темите, посочени като особено трудни (*Химично равновесие, Химични изчисления. Величини и зависимости и Органична химия. Въглеводороди и техни производни*), се докладват и в проучвания в други страни (Broman, Ekborg & Johnels 2011; de Quadros, Carvalho Da-Silva, Silva et al. 2011; Monica 2013; Bilek, Chroustova, Rychtera et al. 2019). В голямата си част те съдържат абстрактни понятия, специфична химична логика и терминология и изискват математически умения. Оказва се, че същите теми действително са трудни за българските ученици според проучването на Чакъров & Генджова (2021). Доброто съвпадение във възприятието на учители и ученици вероятно е резултат от практическия опит на учителите. Broman, Ekborg & Johnels (2011) обаче констатира разминаване в мнението на ученици и учители по този въпрос.

Определените като интересни теми от българските учители (*Метали, не-метали и техни съединения, Окислително-редукционни процеси и Строеж на атома*) само частично съвпадат с резултатите на Broman, Ekborg & Johnels (2011). При анализа на резултатите прави впечатление, че българските учители смятат, че трудността на темите води до липсата на интерес, и обратно – лесните за изучаване теми са интересни за учениците. При сравняване на резултатите на техните ученици се оказва, че това не е така (Чакъров & Генджова 2021). Освен това темите, посочени от учителите като интересни за учениците, не са сред най-посочваните от самите ученици в същото изследване. Това показва, че учителите не са достатъчно наясно с познавателните мотиви на своите ученици.

Най-важни умения за успех по предмета според учителите са разбирането на научното знание, самостоятелното учене и логичното мислене. Според техните ученици най-важно е запомнянето на факти и понятия, следвано от самостоятелното учене и разбирането на науката (Чакъров & Генджова 2021). Това показва разлика във възприятията на българските учители и ученици.

Като причини за ученическите затруднения учителите най-често посочват малкия брой часове, абстрактните понятия, това, че се изискват усилия и системност и се използва математика. Като други пречки в работата си педагозите отчитат липсата на интерес и навики за учене у учениците, слабата дисциплина и материалната база. Отговорите на учителите добре се съгласуват с резултатите, получени от Alake Monica (2013), и пречките, констатирани в изследването на Uchegbu, Anozieh, Mbadiugha et al. (2015).

Ограниченията на изследването са свързани с малкия брой анкетираните учители. Необходимо е да се направи проучване сред повече педагози, като се използват и фокус групи, за да се получи повече информация за затрудненията в процеса на обучение.

Заклучение

В резултат на настоящото изследване е установено педагогическото предметно знание на български учители по химия за трудностите на учениците им по определени теми от учебното съдържание, интересът им към учебното съдържание, както и важните умения за успех по предмета.

Темите, определени като трудни от учителите, съдържат абстрактни понятия, специфична логика и терминология и изискват математически умения. Учителите смятат, че трудните химични теми са безинтересни на учениците и обратно – лесните теми са интересни. Възприятията на учителите и учениците им за трудността на темите съвпадат, докато възприятията им за интерес към темите се разминават.

Според преподавателите по химия най-важното за успешното изучаване на предмета са разбирането на научното знание, самостоятелното учене и логичното мислене.

Недостатъчният брой упражнения, абстрактната природа на химичното знание и това, че при изучаването на предмета са нужни усилия, системност и математически умения, са сред най-често посочваните причини за ученическите затруднения. Като пречки в работата си педагозите отчитат липсата на интерес у учениците, липсата на време, слабата дисциплина в часовете и материалната база в училище.

Получените резултати допълват изследванията върху обучението по специфични теми от природните науки и насочват вниманието на учители и авторски колективи към търсене на алтернативни подходи за представяне на трудното за учениците учебно съдържание. Те могат да послужат и за усъвършенстване на учебните програми в средното училище и на методиката на обучението по химия.

ЛИТЕРАТУРА

- АТАНАСОВ, К. & ГЕНДЖОВА, А., 2019. Ученически погрешни схващания, свързани с химичното равновесие. *Химия*. **29**(3), 314 – 330.
- ГЕНДЖОВА, А., МАРКОВА, Н. & ЧАКЪРОВ, К., 2022. Педагогическо предметно знание в природонаучното образование: трудности по органична химия. *Педагогика*. **94**(6), 687 – 695.
- ЧАКЪРОВ, К. & ГЕНДЖОВА, А., 2021. Трудни теми в учебната програма по химия от гледна точка на учениците. *Обучение по природни науки и върхови технологии*. **30**(6), 613 – 629.

- ABRAHAM, M. R., GRZYBOWSKI, E. B., RENNER, J. W. et al., 1992. Understandings and Misunderstandings of Eight Graders of Five Chemistry Concepts Found in Chemistry Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*. **29**(2), 105 – 120.
- BILEK, M., CHROUSTOVA, K., RYCHTERA, J., et al., 2019. Teachers' View on the Lower Secondary Chemistry Curriculum in the Czech Republic. In: *International Baltic Symposium on Science and Technology Education*. Scientia Socialis Ltd. 29 K. Donelaicio Street, LT-78115 Siauliai, Republic of Lithuania.
- BRADLEY, J. D. & BRAND, M., 1985. Stamping Out Misconceptions. *Journal of Chemical Education*. **62**(4), p. 318.
- BROMAN, K., EKBORG, M. & JOHNELS, D. 2011. Chemistry in crisis? Perspectives on teaching and learning chemistry in Swedish upper secondary schools. *Nordic Studies in Science Education*. **7**(1), 43.
- ÇALIK, M., AYAS, A. & COLL, R. K., 2006. Enhancing Pre-Service Primary Teachers' Conceptual Understanding of Solution Chemistry with Conceptual Change Text. *International Journal of Science & Mathematics Education*. published online 20 December, 2005.
- ÇALIK, M., AYAS, A., & EBENEZER, J. V., 2005. A Review of Solution Chemistry Studies: Insights into Students' Conceptions. *Journal of Science Education and Technology*. **14**(1), 29 – 50.
- COE, R., ALOISI, C., HIGGINS, S. et al., 2014. What makes great teaching? review of the underpinning research. Project Report. Sutton Trust, London.
- COLL, R. K. & TREAGUST, D. F., 2003. Investigation of Secondary School, Undergraduate and Graduate Learners' Mental Models of Ionic Bonding. *Journal of Research in Science Teaching*. **40**(5), 464 – 486.
- DE QUADROS, A., CARVALHO DA-SILVA, D., SILVA, F., et al., 2011. The knowledge of chemistry in secondary education: difficulties from the teachers' viewpoint. *Educación química*. **22**(3), 232 – 239.
- DONKOH, S. 2017. Very difficult senior high school organic chemistry topics: students and teachers' perception. *International Journal of Creative Research Thoughts*. **5**(4), 2746 – 2752.
- DUMON, A. & MZOUGH-KHADHRAOUI, I. 2014. Teaching chemical change modeling to Tunisian students: an "expanded chemistry triplet" for analyzing teachers' discourse. *Chemistry Education Research and Practice*. **15**(1), 70 – 80.
- FERNANDEZ, C. 2014. Knowledge base for teaching and pedagogical content knowledge (PCK): Some useful models and implications for teachers' training. *Problems of Education in the 21st Century*. **60**, 79.

- GABEL, D. 1999. Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*. **76**(4), 548. <https://doi.org/10.1021/ed076p548>.
- GILBERT, J. K. & WATTS, D. M., 1983. Concepts, Misconceptions And Alternative Conceptions: Changing Perspectives In Science Education. *Studies in Science Education*. **10**, 61 – 98.
- GOODWIN, A., 2002. Is Salt Melting When It Dissolves In Water? *Journal of Chemical Education*. **79**(3), 393.
- HARRISON, A. G. & TREAGUST, D. F., 1996. Secondary Students' Mental Models of Atoms and Molecules: Implications for Teaching Chemistry. *Science Education*. **80**(5), 509 – 534.
- HENZE, I., VAN DRIEL, J. H., & VERLOOP, N. 2008. Development of experienced science teachers' pedagogical content knowledge of models of the solar system and the universe. *International Journal of Science Education*. **30**(10), 1321 – 1342.
- JOHNSTONE, A. H., 1984. New Stars for the Teacher to Steer By? *Journal of Chemical Education*. **61**(10), 847 – 849.
- JOHNSTONE, A. H., 1974. Evaluation of Chemistry Syllabuses in Scotland. *Studies in Science Education*. **1**, 20 – 49.
- JONG, O. D., VAN DRIEL, J. H., & VERLOOP, N. 2005. Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*. **42**(8), 947 – 964.
- KIND, V. 2009. Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in science education*. **45**(2), 169 – 204.
- MAGNUSSON, S., KRAJCIK, J., & BORKO, H. 1999. Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95 – 132). Springer, Dordrecht.
- MONICA, A. E. 2013. Correlates of Teachers and Students' Reasons for Content Difficulties in Senior Secondary School Chemistry Syllabus. *International Journal of Science and Research*. **2**(6), 396 – 399.
- MORTIMER, E., & SCOTT, P. 2000. Analysing discourse in the science classroom. In R. Miller, J. Leach, & J. Osborne (Eds.). *Improving science education: the contribution of research* (pp. 126 – 142). Buckingham, UK: Open University Press.
- O'DWYER, A., & CHILDS, P., 2011. Second level Irish pupils' and teachers' view of difficulties in organic chemistry. In *IOSTE Mini-Symposium*. **17**(4), 99 – 105.

- O'DWYER, A., & CHILDS, P. E. 2017. Who says organic chemistry is difficult? Exploring perspectives and perceptions. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. **13**(7), 3599 – 3620.
- ÖZMEN, H., & AYAS, A., 2003. Students' Difficulties in Understanding of the Conservation of Matter in Open and Closed system Chemical Reactions. *Chemistry Education: Research and Practice*. **4**: 279 – 290.
- PFUNDT, H. & DUIT, R. 1998. Students' alternative frameworks and science education. Kiel, Germany: Institute for Science Education at the University of Kiel (version August 1998; distributed electronically).
- PINARBAŞ, T., & CANPOLAT, N., 2003. Students' Understanding of Solution Chemistry Concepts. *Journal of Chemical Education*. **80**(11): 1328 – 1332.
- QUÍLEZ, J., 2019. A categorisation of the terminological sources of student difficulties when learning chemistry. *Studies in Science Education*. **55**(2), 121 – 167.
- RAVIALO, A., 2001. Assessing Students' Conceptual Understanding of Solubility Equilibrium. *Journal of Chemical Education*. **78**(5), 629 – 631.
- SHULMAN, L. S., 1986. Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*. **15**(2), 4 – 14.
- SIRHAN, G., 2007. Learning difficulties in chemistry: an overview. *Journal of Turkish Science Education*, **4**(2), 2 – 20.
- SNOW, C. E., 2010. Academic language and the challenge of reading for learning about science. *Science*, **328**(5977), 450 – 452.
- TABER, K. S., 2001. Building the structural concepts of chemistry: Some considerations from educational research. *Chemistry Education Research and Practice*. **2**(2), 123 – 158.
- TABER, K. S. & COLL, R. K., 2003. Bonding, in: J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust & J. H. Van Driel (Eds) *Chemical Education: Towards Research-Based Practice*. Dordrecht: Kluwer.
- TABER, K. S., 2009. Challenging misconceptions in the chemistry classroom: Resources to support teachers. *Educació química*. **4**, 13 – 20. doi: 10.2436/20.2003.02.27.
- TABER, K. S., 2002. *Alternative Conceptions in Chemistry: Prevention, Diagnosis and Cure?* London: The Royal Society of Chemistry.
- TABER, K. S., 2013. Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*. **14**(2), 156 – 168.
- TAYLOR, N. & COLL, R. K., 1997. The Use Of Analogy In The Teaching Of Solubility To Pre-Service Primary Teachers. *Australian Science Teachers' Journal*. **43**(4), 58 – 64.

- TREAGUST, D., Nieswandt, M., & Duit, R., 2000. Sources of students difficulties in learning Chemistry. *Educación química*. **11**(2), 228 – 235.
- UCHEGBU, R., ANOZIEH, M., MBADIUGHA, C., IBE, C. & NJOKU, P. 2015. Teachers' Perception of the Impediments to Chemistry Teaching in Secondary Schools in Imo State, Nigeria. *Open Science Journal of Education*. **3**(5), 26 – 31.
- WEI, B., & LIU, H. 2018. An experienced chemistry teacher's practical knowledge of teaching with practical work: the PCK perspective. *Chemistry Education Research and Practice*. **19**(2), 452 – 462.
- ZOLLER, U., 1990. Students' Misunderstandings and Alternative Conceptions in College Freshman Chemistry (General and Organic). *Journal of Research in Science Teaching*, **27**(10). 1053 – 1065.

REFERENCES

- ABRAHAM, M. R., GRZYBOWSKI, E. B., RENNER, J. W. et al., 1992. Understandings and Misunderstandings of Eight Graders of Five Chemistry Concepts Found in Chemistry Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*. **29**(2), 105 – 120.
- ATANASSOV K. & GENDJOVA A., 2019. High-school students' misconceptions about chemical equilibrium. *Chemistry: Bulgarian Journal of Science Education*. **29**(3), 314 – 330. [In Bulgarian]
- BILEK, M., CHROUSTOVA, K., RYCHTERA, J., et al., 2019. Teachers' View on the Lower Secondary Chemistry Curriculum in the Czech Republic. In *International Baltic Symposium on Science and Technology Education*. Scientia Socialis Ltd. 29 K. Donelaicio Street, LT-78115 Siauliai, Republic of Lithuania.
- BRADLEY, J. D. & BRAND, M., 1985. Stamping Out Misconceptions. *Journal of Chemical Education*. **62**(4), p. 318.
- BROMAN, K., EKBORG, M. & JOHNELS, D. 2011. Chemistry in crisis? Perspectives on teaching and learning chemistry in Swedish upper secondary schools. *Nordic Studies in Science Education*. **7**(1), 43.
- ÇALIK, M., AYAS, A. & COLL, R. K., 2006. Enhancing Pre-Service Primary Teachers' Conceptual Understanding of Solution Chemistry with Conceptual Change Text. *International Journal of Science & Mathematics Education*. published online 20 December, 2005.
- ÇALIK, M., AYAS, A., & EBENEZER, J. V., 2005. A Review of Solution Chemistry Studies: Insights into Students' Conceptions. *Journal of Science Education and Technology*. **14**(1), 29 – 50.
- CHAKAROV, K., & GENDJOVA, A., 2021. Difficult topics in the chemistry curriculum – Bulgarian students' view. *Natural Science and Advanced Technology Education*. **30**(6), 613 – 629. [In Bulgarian]

- COE, R., ALOISI, C., HIGGINS, S. et al., 2014. What makes great teaching? review of the underpinning research. Project Report. Sutton Trust, London.
- COLL, R. K. & TREAGUST, D. F., 2003. Investigation of Secondary School, Undergraduate and Graduate Learners' Mental Models of Ionic Bonding. *Journal of Research in Science Teaching*. **40**(5), 464 – 486.
- DE QUADROS, A., CARVALHO DA-SILVA, D., SILVA, F., et al., 2011. The knowledge of chemistry in secondary education: difficulties from the teachers' viewpoint. *Educación química*. **22**(3), 232 – 239.
- DONKOH, S. 2017. Very difficult senior high school organic chemistry topics: students and teachers' perception. *International Journal of Creative Research Thoughts*. **5**(4), 2746 – 2752.
- DUMON, A. & MZOUGH-KHADHRAOUI, I. 2014. Teaching chemical change modeling to Tunisian students: an “expanded chemistry triplet” for analyzing teachers' discourse. *Chemistry Education Research and Practice*. **15**(1), 70 – 80.
- FERNANDEZ, C. 2014. Knowledge base for teaching and pedagogical content knowledge (PCK): Some useful models and implications for teachers' training. *Problems of Education in the 21st Century*. **60**, 79.
- GABEL, D. 1999. Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*. **76**(4), 548. <https://doi.org/10.1021/ed076p548>.
- GENDJOVA, A., MARKOVA, N., & CHAKAROV, K., 2022. Pedagogical Content Knowledge in Science Education: Difficulties in Organic Chemistry. *Pedagogika-Pedagogy*. **94**(6), 687 – 695. [in Bulgarian]
- GILBERT, J. K. & WATTS, D. M., 1983. Concepts, Misconceptions And Alternative Conceptions: Changing Perspectives In Science Education. *Studies in Science Education*. **10**, 61 – 98.
- GOODWIN, A., 2002. Is Salt Melting When It Dissolves In Water? *Journal of Chemical Education*. **79**(3), 393.
- HARRISON, A. G. & TREAGUST, D. F., 1996. Secondary Students' Mental Models of Atoms and Molecules: Implications for Teaching Chemistry. *Science Education*. **80**(5), 509 – 534.
- HENZE, I., VAN DRIEL, J. H., & VERLOOP, N. 2008. Development of experienced science teachers' pedagogical content knowledge of models of the solar system and the universe. *International Journal of Science Education*. **30**(10), 1321 – 1342.
- JOHNSTONE, A. H., 1984. New Stars for the Teacher to Steer By? *Journal of Chemical Education*. **61**(10), 847 – 849.
- JOHNSTONE, A. H., 1974. Evaluation of Chemistry Syllabuses in Scotland. *Studies in Science Education*. **1**, 20 – 49.

- JONG, O. D., VAN DRIEL, J. H., & VERLOOP, N. 2005. Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*. **42**(8), 947 – 964.
- KIND, V. 2009. Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in science education*. **45**(2), 169 – 204.
- MAGNUSSON, S., KRAJCIK, J., & BORKO, H. 1999. Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95 – 132). Springer, Dordrecht.
- MONICA, A. E. 2013. Correlates of Teachers and Students' Reasons for Content Difficulties in Senior Secondary School Chemistry Syllabus. *International Journal of Science and Research*. **2**(6), 396 – 399.
- MORTIMER, E., & SCOTT, P. 2000. Analysing discourse in the science classroom. In R. Miller, J. Leach, & J. Osborne (Eds.). *Improving science education: the contribution of research* (pp. 126 – 142). Buckingham, UK: Open University Press.
- O'DWYER, A., & CHILDS, P., 2011. Second level Irish pupils' and teachers' view of difficulties in organic chemistry. In *IOSTE Mini-Symposium*. **17**(4), 99 – 105.
- O'DWYER, A., & CHILDS, P. E. 2017. Who says organic chemistry is difficult? Exploring perspectives and perceptions. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. **13**(7), 3599 – 3620.
- ÖZMEN, H., & AYAS, A., 2003. Students' Difficulties in Understanding of the Conservation of Matter in Open and Closed system Chemical Reactions. *Chemistry Education: Research and Practice*. **4**: 279 – 290.
- PFUNDT, H. & DUIT, R. 1998. Students' alternative frameworks and science education. Kiel, Germany: Institute for Science Education at the University of Kiel (version August 1998; distributed electronically).
- PINARBAŞ, T., & CANPOLAT, N., 2003. Students' Understanding of Solution Chemistry Concepts. *Journal of Chemical Education*. **80**(11): 1328 – 1332.
- QUÍLEZ, J., 2019. A categorisation of the terminological sources of student difficulties when learning chemistry. *Studies in Science Education*. **55**(2), 121 – 167.
- RAVIALO, A., 2001. Assessing Students' Conceptual Understanding of Solubility Equilibrium. *Journal of Chemical Education*. **78**(5), 629 – 631.
- SHULMAN, L. S., 1986. Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*. **15**(2), 4 – 14.

- SIRHAN, G., 2007. Learning difficulties in chemistry: an overview. *Journal of Turkish Science Education*, **4**(2), 2 – 20.
- SNOW, C. E., 2010. Academic language and the challenge of reading for learning about science. *Science*, **328**(5977), 450 – 452.
- TABER, K. S., 2001. Building the structural concepts of chemistry: Some considerations from educational research. *Chemistry Education Research and Practice*. **2**(2), 123 – 158.
- TABER, K. S. & COLL, R. K., 2003. Bonding, in: J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust & J. H. Van Driel (Eds) *Chemical Education: Towards Research-Based Practice*. Dordrecht: Kluwer.
- TABER, K. S., 2009. Challenging misconceptions in the chemistry classroom: Resources to support teachers. *Educació química*. **4**, 13 – 20. doi: 10.2436/20.2003.02.27.
- TABER, K. S., 2002. *Alternative Conceptions in Chemistry: Prevention, Diagnosis and Cure?* London: The Royal Society of Chemistry.
- TABER, K. S., 2013. Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*. **14**(2), 156 – 168.
- TAYLOR, N. & COLL, R. K., 1997. The Use Of Analogy In The Teaching Of Solubility To Pre-Service Primary Teachers. *Australian Science Teachers' Journal*. **43**(4), 58 – 64.
- TREAGUST, D., Nieswandt, M., & Duit, R., 2000. Sources of students difficulties in learning Chemistry. *Educación química*. **11**(2), 228 – 235.
- UCHEGBU, R., ANOZIEH, M., MBADIUGHA, C., IBE, C. & NJOKU, P. 2015. Teachers' Perception of the Impediments to Chemistry Teaching in Secondary Schools in Imo State, Nigeria. *Open Science Journal of Education*. **3**(5), 26 – 31.
- WEI, B., & LIU, H. 2018. An experienced chemistry teacher's practical knowledge of teaching with practical work: the PCK perspective. *Chemistry Education Research and Practice*. **19**(2), 452 – 462.
- ZOLLER, U., 1990. Students' Misunderstandings and Alternative Conceptions in College Freshman Chemistry (General and Organic). *Journal of Research in Science Teaching*, **27**(10). 1053 – 1065.

DIFFICULT TOPICS IN THE CHEMISTRY CURRICULUM – BULGARIAN TEACHERS' VIEW

Abstract. Teachers' knowledge of students' difficulties is a major component of pedagogical content knowledge (PCK) and a key element for effective instruction. The current research aims to identify teachers' PCK for: difficult topics in the chemistry curriculum; reasons for student difficulty; students' interest towards difficult topics and the skills needed to be successful in chemistry. For this purpose a questionnaire survey was conducted among 20 chemistry teachers from different schools in Bulgaria. Participating teachers consider Chemical equilibrium, Chemical calculations and Organic chemistry as being most difficult. Metals, nonmetals and their compounds, Redox reactions and Atomic structure on the other hand are viewed as easier and more interesting. Understanding scientific concepts, principles and laws, self-studying and logical thinking are the skills students need to be successful in chemistry. Teachers believe student difficulties are due to: the abstract nature of chemistry; the fact that learning chemistry requires effort, regular study and prior mathematical knowledge; insufficient instructional time and lack of interest towards the subject.

Keywords: Chemistry curriculum; Difficult chemistry topics; Pedagogical content knowledge.

✉ **Kalin Chakarov, PhD student**

ORCID iD: 0000-0001-5015-3679

Research Laboratory on Chemistry Education & History & Philosophy of Chemistry

Faculty of Chemistry & Pharmacy

Sofia University

Sofia, Bulgaria

E-mail: chakarov_kalin@yahoo.bg

Приложение 1

Анкета

Уважаеми учители,

Това проучване цели да установи Вашето мнение за някои практики на преподаване по химия и опазване на околната среда. Моля, отговорете на всички въпроси. Вашите отговори могат да бъдат много ценни за подобряване на курсовете за бъдещите и настоящите учители.

Моля, поставете знак ✓ в квадратчето с най-верния според Вас вариант по следния начин: ✓

Общи въпроси:

1. Вие сте учител по:

Химия ☐ Физика ☐ Биология ☐ Човек и природа ☐

2. Училището, в което преподавате е:

СУ ☐ ПМГ ☐ Езикова гимназия ☐ Професионална гимназия ☐ Друго ☐

3. Вашият учителски стаж е:

1-3 год. ☐ 4-10 год. ☐ 11-20 год. ☐ Над 20 год. ☐

Въпроси, свързани с практиката:

Схема за съгласие: 1 = напълно съм несъгласен; 2 = отчасти съм несъгласен; 3 = нито съгласен, нито несъгласен; 4 = отчасти съм съгласен; 5 = напълно съм съгласен.

1. В каква степен сте съгласни с твърденията за Вашите ученици?	1	2	3	4	5
1. Имат високи резултати по предмета.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Тестовите по химия са им лесни	☐	☐	☐	☐	☐
3. Могат да прилагат наученото в нови задачи и ситуации	☐	☐	☐	☐	☐
4. Чувстват, че това, което са научили е важно за тях	☐	☐	☐	☐	☐
5. Мотивирани са да учат по предмета.	☐	☐	☐	☐	☐

Схема за важност: 1 = не е важно; 2 = в малка степен; 3 = в значителна степен; 4 = много е важно.

2. В каква степен е важно за успеха на учениците Ви, те да могат да	1	2	3	4	5
1. Помнят формули и информация.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Разбират научните понятия, принципи и закони.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Подбират и сравняват информация от различни източници.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Работят съвместно в екип.	☐	☐	☐	☐	☐
5. Решават творчески задачи и практически проблеми.	☐	☐	☐	☐	☐

6. Правят обосновани изводи и логични заключения.	☐	☐	☐	☐	☐
7. Споделят и представят идеите си пред другите.	☐	☐	☐	☐	☐
8. Учат самостоятелно.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Моля, запишете номерата на пет от най-интересните за учениците Ви теми от посочените по-долу	1	2	3	4	5
4. Кои са най-трудните теми от учебното съдържание за учениците Ви?					
1. Строеж на атома.	☐				
2. Химична връзка.	☐				
3. Валентност и степен на окисление.	☐				
4. Периодична таблица и закономерности, свързани с нея.	☐				
5. Свойства на метали, неметали и техни съединения.	☐				
6. Термохимия.	☐				
7. Скорост на химичните реакции. Катализа.	☐				
8. Химично равновесие.	☐				
9. Свойства на разтворите.	☐				
10. Теория на електролитната дисоциация. Киселини и основи.	☐				
11. Окислително-редукционни процеси.	☐				
12. Органична химия. Въглеводороди и техни производни.	☐				
13. Химични изчисления. Величини и зависимости.	☐				
5. Кои според Вас са причините за ученическите затруднения, свързани с тези теми?					
1. Малко са химичните опити.	☐	7. Използва се химичен език и символи.	☐		
2. Понятията са абстрактни.	☐	8. Необходимо е запаметяване.	☐		
3. Онагледяването е с модели и схеми.	☐	9. Материалът е обемен.	☐		
4. Използва се математика.	☐	10. Часовете за тях са малко.	☐		
5. Необходими са логика и мислене	☐	11. Не се вижда връзката с практиката	☐		

6. Изискват се усилия и системност.		12. Друго...	
6. Какви са Вашите затруднения при преподаването на тези теми?			
1. Липса на време		7. Нямам подходяща литература по темата	
2. Липса на интерес у учениците		8. Няма подходящи помагала за учениците	
3. Липса на навици за учене на учениците		9. Липса на технологии в час.	
4. Липса на дисциплина		10. Няма лаборатория в училище.	
5. Трудности в организацията		11. Не се оценяват моите усилия и труд	
6. Трудности в обясняването им.		12. Друго...	

Благодарим Ви за участието!