

ТРУДНОСТИ НА УЧЕНИЦИТЕ ПРИ ИЗУЧАВАНЕ НА ОРГАНИЧНА ХИМИЯ НА БАЗОВО НИВО В IX КЛАС

Александрия Генджова, Калин Чакъров

Софийски университет „Св. Климент Охридски“ (България)

Резюме. Органичната химия е една от най-сложните за учениците теми в училищния курс по химия. Изследването цели да идентифицира реалните трудности на 15 – 16-годишни български ученици при изучаване на органична химия на базово ниво, в общообразователната подготовка по химия в IX клас. Използван е онлайн диагностичен тест с 29 тестови задачи. Тестът е апробиран и е валидиран от експерти. Надеждността му (Cronbach's alpha) е 0,89. В проучването участват общо 379 ученици (211 момичета и 168 момчета) от 15 училища. Резултатите показват, че най-проблемни са областите „Химични процеси“ и „Експеримент и изследване“. Повечето ученици не могат да: изразяват с уравнения химични реакции между органични съединения (59%); правят връзка между строежа и свойствата на веществата (58%); определят типовете химични реакции (54%); представят органични съединения с формули (52%); планират химични експерименти (52%). Най-трудно за учащите е да тълкуват данни за органични вещества от графики и таблици (60%).

Ключови думи: трудности в обучението; органична химия в училище; химическо образование; ученици.

1. Въведение

Органичната химия често е възприемана като трудна както от ученици, изучаващи я в часовете по химия, така и от студенти, подготвящи се за реализация в областта на науката и технологиите, медицината и фармацията (Nartey & Hanson 2021; Donkoh 2017; Eticha & Ochonogor 2015; Lafarge, Morge & Méheut 2014; Hall, Curtin-Soydan & Canelas 2014; Gasiewski et al. 2012; O'Dwyer & Childs 2011; Szu et al. 2011; Barr et al. 2010; Chang, Cerna, Nan & Sàenz 2008).

Изследване сред българските ученици показва, че органичната химия е интересна за тях, но е една от областите, която най-силно ги затруднява (Chakarov & Gendjova 2021).

Както лекарите поставят диагноза, преди да лекуват, така и в образованието е важно да се диагностицират проблемните области, за да се планира

подходящо развитие или корекция в обучението. Диагностиката има два основни аспекта: разбиране на степента, в която са постигнати желаните образователни цели, и разбиране на причините за настоящото състояние. Ето защо изследването бе насочено към определяне на реалните затруднения на учениците от IX клас по органична химия.

2. Преглед на литературата

Органичната химия изследва състава, структурата, свойствата и получаването на органични съединения. Органичните съединения са основни градивни елементи на живата материя и неделима част от всекидневието на съвременния човек – храна, горива, лекарства, перилни препарати, пластмаси, хартия и много други. Ролята и значението им за нашия живот налагат изучаването на органична химия в училище. Обучението по органична химия е жизненоважно и за младите хора, които ще продължат да се занимават с други природни науки, медицина и фармация.

Тъй като изучаването на органична химия се базира на разбирането за строежа на веществата, органичната химия има абстрактен характер и е особено предизвикателство за учениците (O'Dwyer & Childs 2011). Освен множеството фактологични знания (номенклатура, терминология, факти, определения, приложения) проблемни за учениците са и процесуалните знания (по Anderson, Krathwohl, Airasian et al. 2001). Това са знания за специфични за предмета умения и алгоритми (за писане на формули и уравнения, за наименуване, за представяне на химична информация в различна форма, за изследване и др.). В основата на органичната химия са концептуалните знания за основни химични принципи и за класификация на вещества и химични реакции. Разбирането на връзката строеж – свойства налага непрекъснато преминаване между микроскопско, макроскопско и символно ниво (Johnstone 1991) и се оказва пречка за ученето. Богатото символно представяне, вкл. тримерни модели, и специфичният химичен език, различен от този по неорганичната химия, допринасят за затрудненията по органична химия.

Според изследователските резултати почти всички основни теми по органична химия са трудни. Проблемни са представянето на органични съединения (Kozma & Russell 1997; Bodner & Domin 2000; Johnstone 2006; Anderson & Bodner 2008; Graulich 2015; O'Dwyer & Childs 2017); пространственият строеж на молекулите (Keig & Rubba 1993; Kozma 2003; Bhattacharyya 2004; Wu & Shah 2004; Anderson & Bodner 2008; Harle & Towns 2011; Stull et al. 2012; Padalkar & Hegarty 2015; Eticha & Ochonogor 2015; Graulich 2015); номенклатурата (Gongden, Gongden & Lohdip 2011) и изомерията (Schmidt 1992; Taagepera & Noori 2000; O'Dwyer & Childs 2017) на органичните съединения. Трудни за учещите са: класификацията на органични вещества (Hassan, Hill & Reid 2004; Gongden, Gongden & Lohdip 2011; Uchegbu et al. 2016; O'Dwyer &

Childs 2017); свойствата им (Taber 2002; Bryan 2007; Ferguson & Bodner 2008; Anderson & Bodner 2008; O'Dwyer & Childs 2017) типове реакции между органични съединения (Childs & Sheehan 2009; Ferguson & Bodner 2008; O'Dwyer & Childs 2017); механизмите на органичните реакции (Bhattacharyya & Bodner 2005; Ferguson & Bodner 2008; Kraft, Strickland & Bhattacharyya 2010; Graulich 2015; Galloway, Stoyanovich, & Flynn 2017; Crandell et al. 2018; Bodé, Deng & Flynn 2019; Petterson et al. 2020; Watts et al. 2020); практическата работа (Johnstone & Letton 1991; Schroeder & Greenbowe 2008; O'Dwyer & Childs 2011).

Изследвания за определяне на трудностите по органична химия са правени предимно сред студенти по химия чрез тестове, анкети и интервюта. При проучването на литературата не бе открито изследване, посветено на реалните трудности на учениците по органична химия у нас.

В настоящата учебна програма¹⁾ по „Химия и опазване на околната среда за IX клас е предвидено учениците да се запознаят с основите на органичната химия като част от общообразователната им подготовка в рамките на 30 – 35 часа. Съдържанието по органична химия е групирено в три части, съгласно учебната програма – „Въглеродороди“, „Производни на въглеродородите“ и „Органични вещества в природата и в практиката“. Темите „Въглеродороди“ и „Производни на въглеродородите“ са базови за разбиране на органичната химия в IX клас и са съдържателна основа за емпиричното изследване.

3. Методология

Областите на действителните трудности на учениците при изучаване на органичната химия на базово ниво са определени чрез диагностичен тест. Диагностичният тест е избран, тъй като се разглежда като ефективен инструмент за оценяване и определяне на концептуалното разбиране и трудности на учащите (Treagust 1988). Ефективният диагностичен тест: дава поредица от оценки, всяка от които е изпълнение на определено умение; съобразен е с учебната програма, като се набляга на изясняване на важните цели; изготвя се от експерти; основава се на експериментални доказателства за учебни затруднения; може да служи за откриване на недостатъци в учебната програма, съдържанието или организацията на обучението (Treagust 1988).

3. 1. Извадка

В основното проучване (тестиране и анкетиране) участват 379 ученици на 15 – 16- годишна възраст, изучаващи предмета „Химия и опазване на околната среда“ в IX клас, общозобразователна подготовка, с хорариум 54 часа или 90 часа. От тях 211 са момичета и 168 са момчета. Изследваните ученици са подбрани на случаен принцип от училища, намиращи се в различни населени места: столица, големи градове (Пловдив, Варна, Велико Търново), малки градове (Тутракан, Панагюрище) и села (Сатовча, Кочан). Училищата

са различни по вид: средни училища; гимназии с езиков, с математически и с природонаучен профил; професионални и специализирани училища.

3.2. Инструментарий

За разработване на диагностичния инструмент е използвана методологията на Treagust (1988) и Тафрова-Григорова (2007). Пилотен вариант на тест е апробиран със 78 ученици. Направен е анализ и са отстранени задачите с неподходяща трудност и разграничителна сила. Основният тест се състои от общо 29 тестови задачи (субтеста), подбрани от всяка област на компетентност от учебната програма за IX клас. От тях с множествен изборен отговор са 21, а с избираем отговор са 8 задачи. Тестовата спецификация е представена в Таблица 1.

Таблица 1. Тестова спецификация (съкратен вариант)

Очаквани резултати по области на компетентност. Съдържание на тестовите задачи	Тестови задачи	
	Брой	Ниво
Класификация на вещества и номенклатура		
Разпознава органични съединения по структурна формула	3	Р
Записва с химична формула по дадено наименование.	2	П
Съставя наименования по дадена формула.	3	П
Строеж и свойства на веществата		
Разграничава изомери по структурни формули.	1	Р
Свързва свойствата на съединения с техния строеж.	4	Р
Химични процеси		
Изразява с химични уравнения/схеми свойства на органични вещества. Описва химични свойства.	4	П
Разпознава важни за практиката процеси с орг. вещества по уравнение.	3	Р
Значение на веществата и опазване на околната среда		
Описва практическото приложение и значение.	2	З
Експеримент и изследване		
Планира химични експерименти за разпознаване.	2	А
Представя резултати от експеримент, прави изводи.	2	А
Извлича и оценява информация, представена чрез графики и диаграми.	3	А

Легенда: З – запомняне, Р – разбиране, П – прилагане, А – анализиране или по-високо ниво.

Тестът е валидиран от университетски преподаватели и опитни учители от средното училище. Експертите потвърдиха, че тестовите задачи са свързани с учебното съдържание, обект на проверката, което е показател за неговата съдържателната валидност. Стойността на коефициента на надеждност Кронбах алфа $\alpha = 0.89$ определя теста като надежден (Cronbach 1951). Пресметнатата трудност на теста, като цяло, е 49.1%, което означава, че тестът е средно труден.

3.3 Анализ на резултатите

Всеки верен отговор към задачите носи по 1 точка, а за една от задачите – 2 т. При непълен или неверен отговор се дават 0 точки. Максималният брой точки за всеки вариант на теста е 30 т. За да може тестът да изпълни предназначението си, е съставена скала за оценка на изпълнението му. Получената процентна част е преобразувана в оценка по шестобалната скала (Bizhkov 1996). Оценка „Слаб 2“ получават учениците, неуспели да се справят с повече от 80% от задачите, а оценка „Отличен 6“ – учениците, които са се справили с над 80% от задачите.

3.4 Провеждане на изследването

Диагностичният тест бе предоставен на учениците в края на втория срок на учебната 2020/2021 г. в електронна форма с помощта на Google формуляр. Към този момент всички са приключили с изучаването на материала по органична химия. Обучението при тях протече изцяло в условията на обучение от разстояние в електронна среда (ОРЕС). Учениците имаха на разположение 40 мин. за решаване на теста.

3.5 Анализ и оценяване на данните

Анализът на данните от теста е съобразен с изискването, че даден елемент може да бъде класифициран като широко разпространена трудност, ако затруднява поне 50% от учениците (Adesoji et al. 2017). Този принцип е използван и при нашето изследване. За анализ на данните е използвана описателна статистика.

4. Резултати и обсъждане

Получените тестови резултати на учениците са представени както под формата на суров бал за всяка задача и сумарен суров бал за целия тест, така и под формата на оценки.

За целите на изследването бе важно да се определят съдържателни области, в които учениците срещат трудности. Получените резултати са представени в Табл. 2. В нея са дадени областите на трудност (според изследователската литература), описание на съответната трудност и честотата ѝ на проявеност.

Таблица 2. Съдържателни области, задачи, трудности на учениците и честота на срещаните трудности (N = 379) по органична химия на базово ниво

Задача	Област на трудност	Същност на трудността	Честота на трудността	
			Брой	Отн.
1.1.	Класификация	Не определя вида на въглеродороди по дадена структурна формула.	122	32%
2.1.		Не разпознава производни на въглеродороди по структурна формула.	146	38%
2.2.			139	37%
1.2.	Номенклатура на ОС	Не наименува въглеродороди по структурна формула според IUPAC.	95	25%
2.3.		Не наименува производни на въглеродородите по структурна формула по IUPAC.	140	37%
2.4.			130	34%
3.1.	Представяне на ОС	Не записва химични формули на производни на въглеродородите по наименование.	177	47%
3.2.			305	66%
1.3.	Изомерия	Не разграничава по дадена структурна формула верижни изомери на алкани.	109	29%
1.4.	Строеж – свойства	Не свързва свойствата на органични съединения (въглеродороди, алкохоли, алдехиди, кетони и монокарбоксилни киселини) с вида на химичните връзки и функционалната група.	211	56%
1.5.			242	64%
2.5.			214	56%
2.6.			207	55%
4.1.1.	Химични процеси	Не изразява с химични уравнения или схеми характерни свойства на изучени органични съединения.	235	62%
4.1.2.			224	59%
4.1.3.			220	58%
4.2.			219	55%
5.1.		Не разпознава типове химични реакции, изразени с уравнения: горене, заместване, присъединяване, полимеризация, естерификация.	216	57%
5.2.			208	55%
5.3.			212	56%
2.7.	Значение и ООС	Не описва приложението на органични съединения в практиката.	143	37%
2.8.			136	36%
6.1.	Експеримент и изследване	Не планира химични експерименти за разпознаване на органични съединения.	195	51%
6.2.			170	45%
6.3.		Не представя резултати от химичен експеримент, изводи и заключения.	214	56%
6.4.			207	55%
7.1.		Не извлича и не анализира химична информация, представена чрез графика.	222	59%
7.2.			201	53%
7.3.			234	62%

Задача 1.1. изисква да се определи видът на въглеводородите по дадена структурна формула. Повечето деветокласници са се справили със задачата – 68%. Относителната честота на тези, които имат затруднения, е сравнително ниска – 32%.

В задача 1.2. по даденото наименование на въглеводород трябва да се определи неговата структурна формула. Задачата явно не е трудна – 75% от отговорите са верни. Само 25% от учениците са срещнали затруднения.

Аналогична е ситуацията и със задача 1.3., която проверява уменията да се разграничават верижни изомери на алкани по дадена структурна формула. Общо 71% от тестираните са посочили верния отговор, а 29% от тях са срещнали затруднения с наименованията.

Чрез задача 1.4. се проверява разбира ли се принципът за връзката състав – строеж – свойства при органичните съединения и по-конкретно – могат ли деветокласниците да свържат химичните свойства на въглеводородите с вида на химичните връзки в молекулите им. Повече от половината ученици (56%) са отговорили грешно, следователно връзката строеж – свойства е затруднила деветокласниците.

За успешното решаване на задача 1.5. се налага да се посочи структурната формула на въглеводорода, който се получава при присъединяване на водород към ненаситен въглеводород (алкен или алкин). Голяма част от учениците (64%) са се затруднили да асоциират сложната връзка в молекулите на алкените и алкините с характерните за тях присъединителни реакции. Това е показател за неразбиране на химичните свойства, характерни за тези въглеводороди.

Задачи 2.1. и 2.2. проверяват дали учениците разпознават различни класове съединения (алкохоли, карбонилни съединения и карбоксилни киселини) по структурна формула на техен представител. Висок е делът на тези, които са се справили с разпознаването – 62%, съотв. 63%. Затруднените са се 38% и съответно 37% – те не могат да определят вярно функционалната група, характерна за дадения клас съединения.

Наименуването на производни на въглеводородите по дадена структурна формула в задачи 2.3. и 2.4. представлява трудност за повече от близо 1/3 от деветокласниците (37%, съотв. 34%). От отговорите става ясно, че те или не познават наименованията на въглеводородите със същия брой въглеродни атоми във веригата, които дават корена на думата, или не знаят наставката в наименованието, или не познават съответната функционална група.

Чрез задачи 2.5. и 2.6. се проверява дали учениците могат да свързват свойствата на органични съединения (въглеводороди, алкохоли, алдехиди, кетони и монокарбоксилни киселини) с вида на химичните връзки и функционалната група. Не са се справили със задачата по-голямата част от деветокласниците – 56% и съответно 55%, което означава, че това е сериозен проблем за тях.

Задачи 2.7. и 2.8. се отнасят до практическото приложение на важни органични съединения. По-голяма част от учениците са дали верни отговори, но над 1/3 от тях (37% и 36%) не познават практическото приложение на тези вещества.

Задачи 3.1. и 3.2. проверяват уменията да се записват с химични формули изучени органични съединения (въгледороди и техни производни) по дадено наименование. Учениците трябва да запишат съкратената (рационалната) структурна формула на един въгледород и едно производно на въгледородите. Предвид това, че тестът се попълва електронно, е даден пример как да се записват съкратените формули. Прави впечатление, че повече деветокласници са се затруднили (66%) при записа на формулите на въгледородите, а при записа на формулите на производните са се затруднили 47%. Това би могло да се обясни, като се отчете, че производните, чиито рационални формули трябва да се изпишат, съдържат един въглероден атом (метанол, съотв. метанал), докато при въгледородите е посочен член от хомоложния ред на алканите с повече въглеродни атоми (бутан, съотв. пентан), което увеличава вероятността да се допусне грешка. Въпреки че даденият пример подсказва кои формули са рационални, прави впечатление, че доста често веществата са записани от учениците с молекулна формула.

Задачи 4.1.1., 4.1.2., 4.1.3. и 4.2. проверяват уменията да изразяват с химични уравнения или схеми свойства на изучени органични вещества. Резултатите показват, че над половината от деветокласниците (62%, 59%, 58% и 55%) или не познават химичните свойства на участващите в прехода вещества, или се затрудняват, когато свойствата са представени схематично. В задача 4.2. например най-често вместо ацеталдехид се избира метанол (втори вариант), като изборът на метанола вероятно се дължи на това, че химичната му формула наподобява тази на ацеталдехида (наличие на метилова група).

Чрез задачи 5.1., 5.2. и 5.3. се проучва доколко учениците разпознават важни за практиката процеси с органични вещества като горене, присъединяване, заместване, естерификация, полимеризация по дадено уравнение. Повеќе от половината ученици не успяват да дадат верни отговори за всяка от реакциите (57%, 55%, 56%). Следователно определянето на типа на реакциите с органични вещества е трудно за повечето деветокласници.

Задачи 6.1., 6.2., 6.3. и 6.4. предлагат на вниманието на учениците един мисловен химичен експеримент за: разпознаване на органични съединения чрез качествени реакции. В първи вариант на теста трябва да се разграничи пропанон от пропанал, а във втори – етанал от етанол.

Задача 6.1. изисква да се планира химичен експеримент и да се подбере подходящ реактив за разграничаване на веществата. Такъв са посочили почти половината (49%) от тестираните. За двата варианта най-често това е дисребърният оксид, като в зависимост от подготовката на учащите е назован или

като реактив на Толенс, или като амонячен разтвор на Ag_2O . Често посочван отговор, особено във втори вариант, е „фелингов разтвор“². Макар и да не се изучава в задължителната подготовка, като реактив в отговорите към втори вариант присъства и йодоформът. Повечето ученици (51%), не са се справили с подбора на реактив, като голяма част от тях просто са поставили произволни знаци/букви в полето за отговор (за да може отговорът да се приеме от компютъра) и да се продължи напред, или пък са написали „не знам“.

В отговор на задача 6.2. трябва да се посочат необходимите условия за протичане на реакцията. Повечето ученици (55%) са отговорили правилно, че е необходимо нагряване, като се наблюдава и разнообразие във формулировката на отговора: топлина, висока температура, температура, среща се дори „жега“. Някои са дали и допълнителни условия, като освен „висока температура“ са включили още високо налягане и катализатор. 45% от учениците са се затруднили и не са отговорили.

В задачи 6.3. и 6.4. трябва да се преценят резултатите от химичен експеримент. Учениците трябва да преценят дали ще се наблюдават промени при добавяне на реактив към съответното органично вещество и ако да – какви. 56% съотв. 55% от деветокласниците не са дали правилен отговор. В задачата за различаване на пропанон и пропанал (в първи вариант) някои деветокласници посочват, че при добавяне на конкретния реактив към пропанона: „могат да се получат други въглеводороди“ или ще се наблюдава „горене“, „промяна на цвета“, „ще се превърне в ацетон“ и дори „отделяне на сребро/сребърно огледало“. В задачата за разпознаване на етанола от двойката вещества етанал/етанол някои от грешните отговори са: „разделяне“, „ще гори алкохолът“, „сребърно огледало“, „разтворът става мастиленосин“ и дори „променя се съставът“. Резултатите ясно показват, че учениците се затрудняват да планират химичен експеримент за доказване на органичните съединения, да представят резултати от експеримента и да правят изводи. Видно е, че съществува объркване на различните качествени реакции за доказване на отделните класове органични вещества.

Чрез задачи 7.1., 7.2., 7.3. се цели да се провери уменията за извличане на информация за органични съединения от графика. Това са задачи със свободен отговор. На вниманието на учениците графично е представено изменението на температурата на кипене на органични съединения с права верига с увеличаване броя на въглеродните атоми. В първия вариант на теста са съпоставени първите членове от хомоложните редове на алкани и алкохоли, а във втория – на алкохоли и карбоксилни киселини.

В задача 7.1. с помощта на дадена графика трябва да се определи кой е алканът, респ. алкохолът, който кипи при най-ниска температура, и да се запише наименованието му. Грешен отговор са дали повечето ученици (59% от тях). При това някои не са съобrazили кои хомоложни редове са съпоставени

в задачата, и/или не са успели да разчетат графиката, за да отговорят. Сред дадените отговори се среща дори отговорът „никъде не пише“.

Задача 7.2. изисква, като се използва графиката, да се напише наименованието на алкохола, респ. карбоксилната киселина, която кипи при дадената температура. Тук делът на несправилите се е 53%. Сред грешните отговори на първи вариант се срещат: „ракия“, „алкохол с висока концентрация“, „нямам идея, водка“, дори „етиленгликол или 1, 2-етандиол“

За решаването на задача 7.3. трябва с помощта на графика да се определи кое е съединението с три въглеродни атома в молекулата, което има по-ниска температура на кипене, и да се напише наименованието му. Това е задачата, с която не са се справили най-много учащи – 62%. Явното неразбиране и безсилието на учениците при тази задача води и до парадоксални отговори като напр. „по-слаба ракия“.

Като цяло, 7.1., 7.2., 7.3. са задачите, които в много голяма степен са затруднили учениците – тук в отговорите най-често се среща „не знам“ или пък са поставени произволни знаци/букви в полето за отговор. Това би могло да се обясни с факта, че в процеса на обучение по предмета се акцентира повече върху усвояването на информация, отколкото върху извличането и интерпретирането ѝ от модели, таблици, графики и диаграми например.

Трудностите на учениците са разгледани и по отношение на когнитивните нива. Учениците, които не са достигнали познавателното ниво запомняне, са 140 (37%), разбиране – 184 (48%), прилагане – 194 (49%), и други по-високи нива – 206 (52%). Данните показват, че с повишаване на когнитивното ниво на задачите се увеличава броят на учениците със затруднения.

Получените резултати за трудностите по органична химия по области на компетентност (според учебната програма) и по съдържателни области (според научните изследвания) са обобщени в таблица 3. В таблицата няма данни за трудности, свързани с въздействието върху околната среда, защото тази тема не бе включена в теста.

При сравняване на резултатите по области на компетентност е видно, че най-трудни за учениците са областите *Химични процеси* – 58%, *Експеримент и изследване* – 56%. По-малко трудни са областите *Строеж и свойства на веществата* – 44%, и *Класификация на веществата и номенклатура* – 40%, а относително по-лесна е областта *Приложение на веществата* – 37%.

При отчитането на тези резултати трябва да се има предвид, че те са получени чрез тест с повече затворени въпроси и умерена трудност. При използване на пилотния тест, който е с повече отворени въпроси, се получи същото подреждане на проблемните области по трудност, но с по-ясно изразена диференциация (*Химични процеси* – 95%, *Експеримент и изследване* – 80%, *Класификация на веществата* – 44%, *Строеж и свойства на веществата* – 40%, *Приложение на веществата* – 22%).

Таблица 3. Трудности на учениците по органична химия и честота на тяхната проявеност по области на съдържанието и области на компетентност (n = 379)

Области на компетентност	Съдържателни области на трудност	Проявеност на трудностите по области на			
		съдържание		компетентност	
		Брой	Отн.ч.	Брой	Отн.ч.
Класификация на вещества и номенклатура	Класификация на ОС	135	36%	152	40%
	Представяне на ОС	197	52%		
	Номенклатура на ОС	118	31%		
Строеж и свойства на веществата	Изомери на ОС	109	29%	167	44%
	Свойства на ОС	219	58%		
Химични процеси	Изразяване на ХР	223	59%	220	58%
	Типове реакции	216	56%		
Значение на веществата и опазване на околната среда	Приложение на ОС	140	37%	140	37%
	Въздействие на ОС	n.d.	n.d.		
Експеримент и изследване	Изследване на ОС	198	52%	212	56%
	Анализ на информация	227	60%		

Легенда: ОС – органични съединения; ХР – химични реакции, n.d. – няма данни

Резултатите от основния диагностичен тест показаха, че най-трудно за учащите е да тълкуват данни за органични вещества от графики и таблици (60%). Повечето ученици не могат да: изразяват химични реакции между органични съединения (59%); правят връзка между строежа и свойствата на веществата (58%); определят типовете химични реакции (56%); представят органични съединения с формули (52%); планират химични експерименти (52%). Сравнително по-малко деветокласниците се затрудняват: да описват приложенията на познатите органични съединения (37%); да ги класифицират (36%); да ги наименуват (31%) и да разпознават изомери (29%).

Въпреки разликата в изучаваното учебно съдържание, установените от нас реални ученически затруднения са сходни с тези, констатирани от O'Dwyer & Childs (2011): представяне на органичните съединения, реакции между органичните вещества и практическа дейност на учащите. Аналогични затруднения, с изключение на практическата дейност, са идентифицирани и в изследването на Eticha & Ochonogor (2015).

Установените трудности могат да се дължат както на особеностите на органичната химия, методиката и условията на преподаване, както и на характеристики на самите учащи (Gendjova, Markova & Chakarov 2022). Възможни причини за ученическите затруднения са липсващи ключови знания и умения от курса по обща химия (означаване на вещества с химични формули и изразяване на химични реакции чрез уравнения, химична връзка), неусвоен или незатвърден нов материал, което възпрепятства разбирането на основни понятия като функционална група и установяване на причинно-следствени връзки (строеж $\rightarrow$ реактивоспособност $\rightarrow$ свойства). Сериозен проблем се явява малкото време за възприемане, разбиране и упражняване на наученото.

Извличането и анализирането на информация от графика и планирането на химичен експеримент са умения, чието формиране до голяма степен зависи от учебната среда и работата на учителя (позволява ли материалната база в училище провеждането на лабораторни занятия и упражнявал ли е учителят тълкуването на графики). Допълнително трябва да се отчете и обучението в електронна среда като фактор, повлиял качеството на учебния процес за изследваната извадка.

5. Заключение

Резултатите от диагностичния тест показват, че учениците имат реални трудности при изучаване на органична химия на базово ниво. Най-големи затруднения срещат в областите на компетентност *Химични реакции* и *Експеримент и изследване*.

Повече от половината от деветокласниците не могат да се справят с: представянето на органични съединения; разбирането на връзката строеж – свойства; изразяването и класификацията на химични реакции между органичните вещества; както и дейности за изследване на органични съединения и анализ на информация.

Резултатите от изследването могат да бъдат полезни за авторите на учебни програми и учебници, за подготовката на бъдещи и квалификация на действащи учители по химия, с цел да се подобри качеството на химическото образование.

БЕЛЕЖКИ

1. Учебна програма по химия и опазване на околната среда за IX клас (общо-образователна подготовка), достъпна на <https://www.mon.bg/bg/1691>.

ЛИТЕРАТУРА

- БИЖКОВ, Г., 1996. *Теория и методика на дидактическите тестове*. София: Просвета.
- ГЕНДЖОВА, А., МАРКОВА, Н. & ЧАКЪРОВ, К., 2022. Педагогическо предметно знание в природонаучното образование: трудности по органична химия. *Педагогика*. **94**(6), 764 – 778.
- ТАФРОВА-ГРИГОРОВА, А., 2007. *Съставяне на тестове (приложено към обучението по химия)*. София: Педагог 6.
- 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.

REFERENCES

- ADESOJI, F. A., ET AL., 2017. A comparison of perceived and actual; Students' learning difficulties in physical chemistry. *International Journal of Brain and Cognitive Sciences*, **6**(1), 1 – 8.
- ANDERSON, L., KRATHWOHL, D., AIRASIAN, P. ET AL., 2001. *Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy*. Longman. New York.
- ANDERSON, T. & BODNER, G., 2008. What can we do about 'Parker'? A case study of a good student who didn't 'get' organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*. **9**(2), 93 – 101.
- BARR, D. A., ET AL., 2010. Chemistry courses as the turning point for premedical students. *Advances in health sciences education*. **15**, 45 – 54.
- BHATTACHARYYA, G. & BODNER, G., 2005. "It gets me to the product": How students propose organic mechanisms. *Journal of Chemical Education*. **82**(9), 1402.
- BHATTACHARYYA, G., 2004. *A recovering organic chemist's attempts at selfrealization: How students learn to solve organic synthesis problems*. Doctoral dissertation. Purdue University. West Lafayette. Indiana.
- BIZHKOV, G., 1996. *Theory and methodology of didactic tests*. Sofia: Prosveta. [in Bulgarian]
- BODÉ, N., DENG, J. & FLYNN, A., 2019. Getting past the rules and to the why: Causal mechanistic arguments when judging the plausibility of organic reaction mechanisms. *Journal of Chemical Education*. **96**(6), 1068 – 1082.
- BODNER, G. & DOMIN, D., 2000. Mental models: The role of representations in problem solving in chemistry. *University Chemistry Education*. **4**(1).
- BRYAN, L. C. H. 2007. Identifying students' misconceptions in ‘

- A-level'organic chemistry. <http://conference.crpp.nie.edu.sg/2007/paper/papers/SCI352.pdf>.
- CHANG, M. J., CERNA, O., HAN, J. & SAENZ, V., 2008. The contradictory roles of institutional status in retaining underrepresented minorities in biomedical and behavioral science majors. *The Review of Higher Education*. **31**(4), 433 – 464.
- CHAKAROV, K. & GENDJOVA, A., 2021. Difficult topics in the chemistry curriculum – Bulgarian students' view. *Natural Sciences and Advanced Technology Education*. **30**(6) 613 – 629 <https://doi.org/10.53656/nat2021-6.02>. [in Bulgarian]
- CHILDS, P. & SHEEHAN, M., 2009. What's difficult about chemistry? An Irish perspective. *Chemistry Education Research and Practice*. **10**(3), 204 – 218.
- CRANDELL, O. ET AL., 2018. Reason-ing about reactions in organic chemistry: starting it in general chemistry. *Journal of Chemical Education*. **96**(2), 213 – 226.
- CRONBACH, L. J., 1951. Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*. **16**(3), 297 – 334.
- ETICHA, A. T. & OCHONOGOR, C., 2015. *Assessment of undergraduate chemistry students' difficulties in organic chemistry*. In: Proceedings of the ISTE International Conference on Mathematics, Science and Technology Education 2015.
- FERGUSON, R. & BODNER, G., 2008. Making sense of the arrow-pushing formalism among chemistry majors enrolled in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*. **9**(2), 102 – 113.
- GALLOWAY, K. R., STOYANOVICH, C. & FLYNN, A. B., 2017. Students' interpretations of mechanistic language in organic chemistry before learning reactions. *Chemistry Education Research and Practice*. **18**(2), 353 – 374.
- GASIEWSKI, J. A. et al., 2012. From gatekeeping to engagement: A multicontextual, mixed method study of student academic engagement in introductory STEM courses. *Research in higher education*. **53**, 229 – 261.
- GENDJOVA, A., MARKOVA, N., CHAKAROV, K., 2022. Pedagogical content knowledge in Science education: difficulties in Organic chemistry. *Pedagogika-Pedagogy*. **94**(6), 764 – 778. <https://doi.org/10.53656/ped2022-6.08>. [in Bulgarian]
- GONGDEN, J., GONGDEN, E. & LOHDIP, Y., 2011. Assessment of the difficult areas of the senior secondary school 2 (two) chemistry syllabus of the Nigeria science curriculum. *African Journal of Chemical Education*. **1**(1), 48 – 61.

- GRAULICH N., 2015. The tip of the iceberg in organic chemistry classes: how do students deal with the invisible? *Chemistry Education Research and Practice*. **16**(1), 9 – 21.
- HALL, D. M., CURTIN-SOYDAN, A. J. & CANELAS, D. A., 2014. The science advancement through group engagement program: Leveling the playing field and increasing retention in science. *Journal of Chemical Education*. **91**(1), 37 – 47.
- HARLE, M. & TOWNS, M., 2011. A review of spatial ability literature, its connection to chemistry, and implications for instruction. *Journal of Chemical Education*. **88**(3), 351 – 360.
- HASSAN, A., HILL, R. & REID, N., 2004. Ideas underpinning success in an introductory course in organic chemistry. *University Chemistry Education*. **8**(2), 40 – 51.
- JOHNSTONE, A. H., 1991. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*. **7**(2), 75 – 83.
- JOHNSTONE, A. H., 2006. Chemical Education Research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*. **7**(2), 49 – 63.
- JOHNSTONE, A.H. & LETTON, K.M., 1991. Practical measures for practical work. *Education in Chemistry*. **28**(3), 81 – 83.
- KEIG, P. & RUBBA, P. A., 1993. Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*. **30**(8), 883 – 903.
- KOZMA, R. & RUSSELL, J., 1997. Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*. **34**(9), 949 – 968.
- KOZMA, R., 2003. The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and instruction*. **13**(2), 205 – 226.
- KRAFT, A., STRICKLAND, A. & BHATTACHARYYA, G., 2010. Reasonable reasoning: multi-variate problem-solving in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*. **11**(4), 281 – 292.
- LAFARGE, D. L., MORGE, L. M. & MÉHEUT, M. M., 2014. A new higher education curriculum in organic chemistry: What questions should be asked?. *Journal of Chemical Education*. **91**(2), 173 – 178.
- NARTEY, E. & HANSON, R., 2021. The The perceptions of Senior High School students and teachers about organic chemistry: A Ghanaian perspective. *Science Education International*. **32**(4), 331 – 342.

- O'DWYER, A., & CHILDS, P., 2011, September. 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.
- PADALKAR, S. & HEGARTY, M., 2015. Models as feedback: Developing representational competence in chemistry. *Journal of Educational Psychology*. **107**(2), 451 – 467.
- PETTERSON, M., ET AL., 2020. Eliciting student thinking about acid–base reactions via app and paper–pencil based problem solving. *Chemistry Education Research and Practice*. **21**(3), 878 – 892.
- SCHMIDT, H. J., 1992. Conceptual difficulties with isomerism. *Journal of Research in Science Teaching*. **29**(9), 995 – 1003.
- SCHROEDER, J. D. & GREENBOWE, T. J., 2008. Implementing POGIL in the lecture and the Science Writing Heuristic in the laboratory – student perceptions and performance in undergraduate organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*. **9**(2), 149 – 156.
- STULL, A. ET AL., 2012. Representational translation with concrete models in organic chemistry. *Cognition and Instruction*. **30**, 404 – 434.
- SZU, E. ET AL., 2011. Understanding academic performance in organic chemistry. *Journal of Chemical Education*. **88**(9), 1238 – 1242.
- TAAGEPERA, M. & NOORI, S., 2000. Mapping students' thinking patterns in learning organic chemistry by the use of knowledge space theory. *Journal of Chemical Education*. **77**(9), 1224.
- TABER, K. 2002. *Chemical misconceptions-prevention, diagnosis and cure: Volume 1 - Theoretical background*. London: Royal Society of Chemistry.
- TAFROVA-GRIGOROVA, A., 2007. *Development of tests (applied to chemistry education)*. Sofia: Pedagog 6. [in Bulgarian]
- TREAGUST, D. F., 1988. Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*. **10**(2), 159 – 169.
- UCHEGBU, R. ET AL., 2016. Perception of difficult topics in chemistry curriculum by senior secondary school (II) students in Imo state. *AASCIT Journal of Education*. **2**(3), 18 – 23.
- WATTS, F. ET AL., 2020. What students write about when students write about mechanisms: analysis of features present in students' written descriptions of an organic reaction mechanism. *Chemistry Education Research and Practice*. **21**(4), 1148 – 1172.
- WU, H. & SHAH, P., 2004. Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science education*. **88**(3), 465 – 492.

LEARNING DIFFICULTIES OF 9TH GRADE BULGARIAN STUDENTS IN ORGANIC CHEMISTRY AT THE BASIC LEVEL

Abstract. Organic chemistry is one of the most difficult topics for students from High school Chemistry. The current study aims to identify the actual learning difficulties in organic chemistry (at the basic level) of 15 – 16 years old Bulgarian students in 9th grade. An online diagnostic test consisting of 29 test items is used as an instrument for data collection. The test has been validated by experts. The reliability of the test (Cronbach's alpha) is $\alpha = 0.89$. A total of 379 students (211 girls and 168 boys) from 15 schools participated in the study. Results reveal *Chemical processes & Experiment and research* as most problematic areas for students. Most students are unable to: represent chemical reactions using equations (59%); predict and explain the structure-properties relationship (58%); determine types of organic reactions (54%); represent structures of organic molecules (52%); plan chemical experiments (52%). Retrieving and evaluating chemical information from graphs and diagrams is most difficult for students (60%).

Keywords: Students' actual learning difficulties; Organic Chemistry; High school Chemistry

✉ **Dr. Alexandria Gendjova, Assoc. Prof. (corresponding author)**

ORCID iD: 0000-0003-3460-1421

Research Laboratory on Chemistry Education & History & Philosophy of Chemistry

Faculty of Chemistry & Pharmacy

Sofia University

Sofia, Bulgaria

E-mail: exag@chem.uni-sofia.bg

✉ **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