

Министерство здравоохранения Республики Беларусь
Учреждение образования
«Гомельский государственный медицинский университет»

Кафедра общей и биоорганической химии

Авторы:

А.К. Довнар, старший преподаватель кафедры;
Ж.Н. Громыко, старший преподаватель кафедры;
М.В. Одинцова, старший преподаватель кафедры;
А.И. Макаренко, к.б.н, доцент кафедры.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

для проведения лабораторного занятия
по учебной дисциплине «Медицинская химия»
для студентов

I курса медико-профилактического факультета,
обучающихся по специальности 7-07-0911-02 «Медико-профилактическое дело»

**Тема 1: Химия и медицина. Учение о химическом эквиваленте.
Способы выражения состава растворов**

Время: 3 часа

Утверждено на заседании кафедры
общей и биоорганической химии
(протокол от 23.05.2026 № 13)

УЧЕБНАЯ И ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ, МОТИВАЦИЯ ДЛЯ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

Учебная цель:

– формирование у студентов базовой профессиональной компетенции для решения диагностических, научно-исследовательских и иных задач профессиональной деятельности на основе знаний о химическом эквиваленте и способах выражения состава растворов;

– ознакомление студентов с задачей практикума, его содержанием и организацией, а также с правилами работы в химической лаборатории и техникой безопасности, формирование навыков работы с мерной посудой; обучение выполнению расчетов и приготовлению раствора заданной концентрации, используя индивидуальные вещества или более концентрированные растворы.

Воспитательная цель:

– развить свой целостно-личностный, духовный потенциал;
– сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны;

– научиться соблюдать учебную и трудовую дисциплину, нормы медицинской этики и деонтологии;

– осознать социальную значимость своей будущей профессиональной деятельности.

Задачи:

В результате проведения учебного занятия студент должен

знать:

– содержание, организацию, цели и задачи практикума по медицинской химии;
– правила работы и технику безопасности в химической лаборатории;
– правила противопожарной безопасности;
– понятие о химическом эквиваленте, молярной массе эквивалента вещества;
– формулы для вычисления факторов эквивалентности простых и сложных веществ, молярной массы эквивалента;

– понятие о растворах и способах выражения состава растворов: массовая доля вещества, молярная доля, молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента, молярная концентрация, титр;

– пользоваться справочной литературой для решения поставленных задач;

уметь:

– определять фактор эквивалентности индивидуальных веществ и веществ, участвующих в химических реакциях;

– рассчитывать молярную массу эквивалента различных веществ;

– производить расчеты по нахождению концентрации растворенного вещества в определенном объеме или массе раствора, или растворителя;

– выполнять расчеты для приготовления растворов заданной концентрации;

владеть:

– способами приготовления растворов с заданной концентрацией;

– навыками решения расчетных задач на выражение состава растворов: молярной концентрации растворенного вещества, молярной концентрации эквивалента вещества, моляльной концентрации растворенного вещества, титра, массовой доли растворенного вещества, мольной доли растворенного вещества.

Мотивация для усвоения темы:

Понятие химического эквивалента широко используется в химии для выполнения количественных расчетов. Оно является основой одного из законов химии – закона эквивалентов. Химические количества растворенных веществ используются для выражения концентрации растворов.

Врач широкого профиля должен обладать знаниями основ современной теории растворов, так как важнейшие биохимические процессы в тканях живых организмов протекают именно в них, а большинство лекарственных средств усваиваются только в растворенном состоянии. Кроме того, современная теория электролитов служит научной основой для изучения электролитного баланса организма человека в норме и патологии.

МАТЕРИАЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ

1. Методические рекомендации для студентов по теме «Химия и медицина. Учение о химическом эквиваленте. Способы выражения состава растворов».

2. Учебные таблицы:

а) периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева;

б) таблица растворимости кислот, оснований и солей.

3. Справочные материалы по основным физико-химическим величинам.

4. Химические реактивы и оборудование, необходимые для проведения лабораторной работы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ ЗАНЯТИЯ

1. Химия и медицина.

2. Понятие о химическом эквиваленте. Фактор эквивалентности.

3. Способы выражения состава растворов: молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента, титр, моляльная концентрация, массовая доля вещества, мольная доля.

ХОД ЗАНЯТИЯ

Теоретическая часть

1. ХИМИЯ И МЕДИЦИНА

Медицинская химия – учебная дисциплина, охватывающая знания об основных понятиях и законах химической термодинамики, кинетики, физико-химии поверхностных явлений, дисперсных систем и ВМС, типах химических равновесий (протолитических, гетерогенных, лигандообменных, ОВ), необходимые для последующего изучения биологической химии, физиологии, фармакологии.

Кроме того, достижения химии используются в разных разделах медицины. Это препараты, обладающие антимикробной, противовоспалительной активностью, искусственные органы, артерии, зубы, суставы и т. д.

С целью диагностики и профилактики в медицине широко применяются методы качественного и количественного анализа (анализ биологических жидкостей – слюны, крови, желудочного сока и др.).

2. ПОНЯТИЕ О ХИМИЧЕСКОМ ЭКВИВАLENTE. ФАКТОР ЭКВИВАLENTHOCTИ

Химический эквивалент – реальная или условная частица вещества, которая эквивалентна (химически равноценна) одному протону (единичному заряду) в обменных реакциях или одному электрону в ОВ реакциях [1, 2, 5].

Реальная частица – это атом, молекула или ион; условная частица – определенная часть реальной частицы (половина, треть и т. д.).

Рассмотрим следующие реакции:



В кислотно-основных реакциях (а, б) 1H^+ эквивалентен 1F^- , $\frac{1}{2}\text{SO}_3^{2-}$; в окислительно-восстановительных реакциях (в, г) $\frac{1}{2}$ молекулы H_2 и $\frac{1}{3}\text{Al}^{3+}$ эквивалентны одному электрону ($\bar{e}$). Перечисленные частицы рассматриваются как химические эквиваленты веществ, участвующих в этих реакциях.

Эквивалент, как частица, может быть охарактеризован молярной массой (молярным объемом) и определенным количеством вещества.

Количество эквивалента вещества X ($n(1/z X)$, моль) – химическое количество вещества X , в котором структурными единицами являются эквиваленты.

1 моль эквивалента вещества – количество вещества, содержащее $6,02 \cdot 10^{23}$ эквивалентов вещества.

Молярная масса эквивалента вещества X ($M(1/z X)$, г/моль) – масса 1 моль эквивалента вещества X ; она равна произведению молярной массы вещества на фактор эквивалентности:

$$M(1/z X) = M(X) \cdot f_3(X)$$

$f_3(X)$ – фактор эквивалентности вещества X ,

$M(X)$ – молярная масса вещества X .

Для газообразных веществ удобно пользоваться эквивалентным объемом.

Молярный объем эквивалента вещества X ($V(1/z X)$, л/моль) – объем, занимаемый при данных условиях (p , T) 1 моль эквивалента вещества.

При н.у. получаем:

$$V(1/z X) = f_3(X) \cdot V_m = \frac{V_m}{\text{Валентность } (X) \cdot \text{Число атомов } (X)},$$

$f_3(X)$ – фактор эквивалентности вещества X ,

$V(1/z X)$ – молярный объем эквивалента вещества X ,

V_m – молярный объем газа, равный 22,4 л/моль.

Фактор эквивалентности $f_3(X)$ – число, показывающее, какая доля реальной частицы вещества X эквивалентна 1 иону водорода (однозарядной частице) в данной ионообменной реакции или 1 электрону в ОВР. Фактор эквивалентности – это безразмерная величина, которая меньше, либо равна 1.

Определение f_3 для индивидуальных веществ. Формулы расчета фактора эквивалентности для простых и сложных приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет фактора эквивалентности для простых и сложных веществ

Вещество	Фактор эквивалентности	Примеры
Простое вещество	$f_3 (\text{пр. вещества}) = \frac{1}{n(\text{Э}) \cdot B(\text{Э})}$ $n(\text{Э})$ – число атомов элемента, $B(\text{Э})$ – валентность элемента.	$f_3(\text{H}_2) = 1/(2 \cdot 1) = 1/2;$ $f_3(\text{O}_2) = 1/(2 \cdot 2) = 1/4;$ $f_3(\text{Cl}_2) = 1/(2 \cdot 1) = 1/2;$ $f_3(\text{O}_3) = 1/(3 \cdot 2) = 1/6.$
Кислота	$f_3 (\text{кислоты}) = \frac{1}{\text{основность}}$ Основность кислоты определяется числом атомов водорода (H^+) в одной молекуле кислоты, которое может принимать участие в химической реакции.	$f_3(\text{HCl}) = 1;$ $f_3(\text{HNO}_3) = 1;$ $f_3(\text{H}_2\text{S}) = 1/2;$ $f_3(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1/2;$ $f_3(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1/3.$
Основание	$f_3 (\text{основания}) = \frac{1}{\text{кислотность}}$ Кислотность основания определяется числом гидроксогрупп (OH^-) в одной молекуле основания, которое может принимать участие в химической реакции	$f_3(\text{NaOH}) = 1;$ $f_3(\text{KOH}) = 1;$ $f_3(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 1/2;$ $f_3(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 1/2;$ $f_3(\text{Al}(\text{OH})_3) = 1/3.$
Соль	$f_3 (\text{соли}) = \frac{1}{n(\text{Me}) \cdot B(\text{Me})}$ $n(\text{Me})$ – число атомов металла, $B(\text{Me})$ – валентность металла.	$f_3(\text{NaCl}) = 1;$ $f_3(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1/2;$ $f_3(\text{AlCl}_3) = 1/3;$ $f_3(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 1/6.$
Оксид	$f_3 (\text{оксида}) = \frac{1}{n(\text{Э}) \cdot B(\text{Э})}$ $n(\text{Э})$ – число атомов элемента, $B(\text{Э})$ – валентность элемента.	$f_3(\text{K}_2\text{O}) = 1/2;$ $f_3(\text{CrO}) = 1/2;$ $f_3(\text{Cr}_2\text{O}_3) = 1/6;$ $f_3(\text{CrO}_3) = 1/6.$

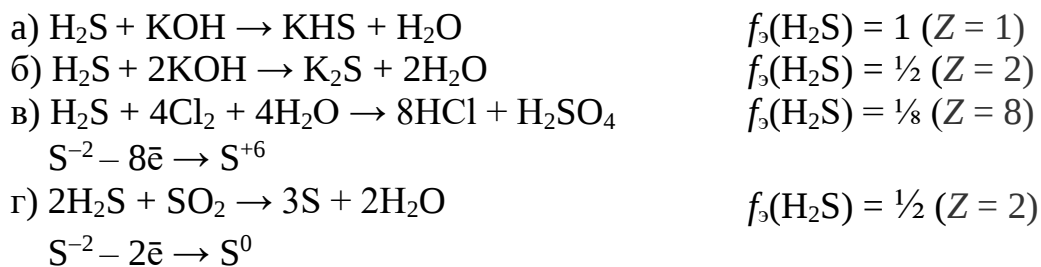
Фактор эквивалентности одного и того же вещества может иметь различные значения в разных реакциях.

Нахождение f_3 с учетом уравнений реакций:

$$f_3(X) = \frac{1}{Z} \leq 1$$

Z – суммарный заряд обменивающихся ионов в **1 молекуле** – для обменных реакций или число электронов, принятых или отданных **1 молекулой (ионом)** вещества, – для ОВР.

Рассмотрим примеры:



3. СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ СОСТАВА РАСТВОРОВ: МОЛЯРНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ, МОЛЯРНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ЭКВИВАЛЕНТА, ТИТР, МОЛЯЛЬНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ, МАССОВАЯ ДОЛЯ ВЕЩЕСТВА, МОЛЬНАЯ ДОЛЯ

Содержание растворенного вещества в растворе может быть выражено либо безразмерными величинами – долями или процентами, либо величинами размерными – концентрациями [1–6].

В титриметрическом анализе для выражения состава раствора используют молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента, титр.

Молярная концентрация (молярность) равна количеству вещества (в молях), содержащемуся в 1 литре раствора. Она обозначается $C(X)$ и рассчитывается как отношение химического количества растворенного вещества X к объему V раствора в литрах:

$$C(X) = \frac{n(X)}{V} = \frac{m(X)}{M(X) \cdot V}, [\text{моль/л}]$$

$m(X)$ – масса растворенного вещества, г;

$M(X)$ – молярная масса, г/моль;

V – объем раствора, л.

Молярная концентрация эквивалента (старое название «нормальность») равна количеству вещества эквивалента (в молях), содержащемуся в 1 литре раствора. Она обозначается $C(1/z X)$ и рассчитывается как отношение количества эквивалента растворенного вещества X к объему раствора в литрах:

$$C(1/z X) = \frac{n(1/z X)}{V} = \frac{m(X)}{M(1/z X) \cdot V}, [\text{моль/л}]$$

или, выразив в знаменателе молярную массу эквивалента через молярную массу вещества и фактор эквивалентности его в реакции по уравнению, получим:

$$C(1/z X) = \frac{m(X)}{f_3(X) \cdot M(X) \cdot V} = \frac{C(X)}{f_3(X)},$$

Титр равен массе растворенного вещества (в граммах), содержащейся в 1 мл раствора. Титр обозначается $T(X)$ и рассчитывается, как отношение массы вещества X к объему V его раствора в миллилитрах:

$$T(X) = \frac{m(X)}{V}, [\text{г/мл}]$$

Можно установить связь между молярной концентрацией, молярной концентрацией эквивалента и титром:

$$C(X) = \frac{m(X)}{M(X) \cdot V} = \frac{1000 \cdot T(X)}{M(X)}$$

$$C(1/z X) = \frac{1000 \cdot T(X)}{M(1/z X)}$$

$$C(1/z X) = \frac{1000 \cdot T(X)}{f_{\text{экв}}(X) \cdot M(X)}$$

Моляльная концентрация (моляльность) раствора – равна количеству вещества (в молях), растворенному в 1 кг растворителя и обозначается $C_m(X)$:

$$C_m(X) = \frac{n(X)}{m(Y)} = \frac{m(X)}{M(X) \cdot m(Y)}, [\text{моль/кг}]$$

$m(Y)$ – масса растворителя, кг.

В тех случаях, когда речь идет об отношении массы (или объема, или количества вещества) компонента к, соответственно, массе (или объему, или количеству вещества) всей системы, термин «концентрация» не употребляют, а говорят о «доле» – массовой, объемной или молярной. И выражают эту долю либо дробью, либо в процентах, принимая систему за 1 или за 100 %.

Для обозначения доли компонента приняты следующие греческие буквы: массовая доля – ω (омега), объемная доля – φ (фи), молярная доля – χ (хи).

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100 \%$$

$$\varphi(X) = \frac{V(X)}{V} \cdot 100 \%$$

$$\chi(X) = \frac{n(X)}{\sum n} \cdot 100 \%$$

$m(X)$ и m – массы компонента и всей системы;

$V(X)$ и V – объемы компонента и всей системы;

$n(X)$ и $\sum n$ – химические количества вещества компонента и всей системы.

Связь между молярной концентрацией вещества и его массовой долей в растворе отражает формула:

$$C(X) = \frac{\omega(X) \% \cdot \rho_{\text{р-ра}} \cdot 10}{M(X)}$$

$\omega(X)$ – массовая доля растворенного вещества, %;

$M(X)$ – молярная масса, г/моль;

ρ – плотность раствора, г/мл.

Практическая часть

Инструктаж по правилам техники безопасности перед проведением лабораторной работы.

Лабораторная работа

Приготовление растворов поваренной соли с заданной массовой долей из более концентрированного раствора

Выполнение опыта: определите ареометром плотность исходного раствора NaCl. По таблице «Плотности и концентрации водных растворов» найдите массовую долю растворенного вещества в исходном растворе. Рассчитайте объемы исходного раствора и воды, которые необходимы для приготовления раствора с заданной массовой долей. Отмерьте мерным цилиндром рассчитанный объем исходного раствора NaCl и влейте в колбу. Затем разбавьте исходный раствор дистиллированной водой, доведя общий объем до метки. Измерьте ареометром плотность полученного раствора. Определите точность выполнения опыта, рассчитав абсолютную и относительную ошибки эксперимента.

ФОРМА ОТЧЕТА:

1. Представьте расчет объемов исходного раствора NaCl и воды, необходимые для приготовления раствора с заданной концентрацией.

2. Рассчитайте абсолютную и относительную ошибки эксперимента по уравнениям:

$$Д = |\rho_{\text{эксп.}} - \rho_{\text{ист.}}|$$

$$Д_0 = \frac{Д}{\rho_{\text{ист.}}} \cdot 100 \%$$

Д – абсолютная ошибка

Д₀ – относительная ошибка

$\rho_{\text{эксп.}}$ и $\rho_{\text{ист.}}$ – соответственно, экспериментальное и истинное значение определяемой величины.

Полученные результаты запишите в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчет ошибок определения

$\rho_{\text{ист.}}$, Г/МЛ	$\rho_{\text{эксп.}}$, Г/МЛ	Д	Д ₀ , %

Контроль усвоения темы

Проводится в форме устного опроса студентов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА (СРС)

Время, отведенное на самостоятельную работу, может использоваться студентами на:

- подготовку к лабораторным занятиям;
- конспектирование учебной литературы;

- выполнение заданий для самоконтроля знаний;
- подготовку тематических докладов, рефератов, презентаций.

Основные методы организации самостоятельной работы:

- изучение тем и проблем, не освещаемых на учебных занятиях;
- написание реферата и оформление презентации;
- выполнение заданий для самоконтроля знаний.

Перечень заданий СРС:

1. Вычислите фактор эквивалентности ($f_э$) и молярную массу эквивалента $M(1/z X)$ для индивидуальных веществ:

- | | | | |
|---------------------|---|-----------------------------|-------------------------------|
| а) HNO_3 ; | в) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$; | д) K_2O ; | ж) $\text{Ba}(\text{OH})_2$; |
| б) NaOH ; | г) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; | е) N_2O_5 ; | з) H_3PO_4 . |

Ответы:

- | | |
|---|--|
| а) $f_э = 1$; $M(1/z \text{HNO}_3) = 63$ г/моль; | б) $f_э = 1$; $M(1/z \text{NaOH}) = 40$ г/моль; |
| в) $f_э = 1/2$; $M(1/z \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 45$ г/моль; | г) $f_э = 1/2$; $M(1/z \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 191$ г/моль; |
| д) $f_э = 1/2$; $M(1/z \text{K}_2\text{O}) = 47$ г/моль; | е) $f_э = 1/10$; $M(1/z \text{N}_2\text{O}_5) = 10,8$ г/моль; |
| ж) $f_э = 1/2$; $M(1/z \text{Ba}(\text{OH})_2) = 85,5$ г/моль; | з) $f_э = 1/3$; $M(1/z \text{H}_3\text{PO}_4) = 32,7$ г/моль. |

2. Вычислить фактор эквивалентности ($f_э$) и молярную массу эквивалента $M(1/Z X)$ веществ, участвующих в окислительно-восстановительных реакциях:

- | | |
|--|--|
| а) $\text{FeSO}_4 (\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+})$; | г) $\text{KMnO}_4 (\text{Mn}^{7+} \rightarrow \text{Mn}^{6+})$; |
| б) $\text{HNO}_3 (\text{N}^{5+} \rightarrow \text{N}^{4+})$; | д) $\text{KMnO}_4 (\text{Mn}^{7+} \rightarrow \text{Mn}^{4+})$. |

Ответы:

- | | |
|---|--|
| а) $f_э = 1$; $M(1/z \text{FeSO}_4) = 152$ г/моль; | в) $f_э = 1$; $M(1/z \text{KMnO}_4) = 158$ г/моль; |
| б) $f_э = 1$; $M(1/z \text{HNO}_3) = 63$ г/моль; | г) $f_э = 1/3$; $M(1/z \text{KMnO}_4) = 52,7$ г/моль. |

3. Какой объем соляной кислоты с массовой долей HCl 38 % ($\rho_{\text{р-ра}} = 1,19$ г/мл) нужно взять для приготовления 1 л раствора, молярная концентрация эквивалента HCl в котором 2 моль/л? Определите титр раствора.

Ответ: 161,5 мл; $7,3 \cdot 10^{-2}$ г/мл

4. В 1 л водного раствора содержится 577 г H_2SO_4 . Плотность раствора 1,335 г/мл. Вычислите массовую долю (%) H_2SO_4 в растворе, а также молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента, молярность и молярные доли H_2SO_4 и H_2O .

Ответ: 43,22 %; 5,88 моль/л; 11,76 моль/л; 7,57 моль/кг; 0,123; 0,877

Контроль СРС осуществляется в виде:

- оценки устного ответа на вопрос, сообщения, доклада или презентации;
- индивидуальной беседы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Болтromeюк, В.В. Общая химия : пособие для студентов учреждений высш. образования, обучающихся по специальностям 1-79 01 01 "Лечеб. дело", 1-79 01 02 "Педиатрия", 1-79 01 04 "Мед.-диагност. дело", 1-79 01 05 "Мед.-психол. дело", 1-79

01 06 "Сестр. дело" / В. В. Болтromeюк ; УО "ГрГМУ", Каф. общей и биоорганической химии. - Гродно : ГрГМУ, 2020. - 574 с. : ил., фот., табл. - Рек. УМО по высш. мед., фармацевт. образованию.

2. Ершов, Ю. А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. [В 2 кн.] Кн. 1 : учебник для вузов / Ю. А. Ершов, В. А. Попков, А. С. Берлянд ; под ред. Ю. А. Ершова. – 10-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2018. – 214, [1] с. : ил. – (Бакалавр. Академический курс). – Рек. УМО высш. образования. – Рек. М-вом образования и науки РФ.

3. Медицинская химия : нац. учебник : для студентов высш. учеб. заведений – мед. ун-тов, ин-тов и акад. / В.А. Калибабчук, Л.И. Грищенко, В.И. Галинская и др. ; под ред. В.А. Калибабчук. – 3-е изд., испр. – Киев : Медицина, 2017. – 399 с. : ил., табл. – Утв. М-вом образования и науки Украины.

4. Общая и бионеорганическая химия : пособие / В.П. Хейдоров [и др.] ; под ред. В.П. Хейдорова. – Витебск : [ВГМУ], 2023. – 524, [1] с. – Режим доступа: https://www.elib.vsmu.by/bitstream/123/24676/1/Obshchaia_i_bioneorganicheskaia_khimiia_Khejdorov-VP_2023.pdf. – Дата доступа: 17.06.2023.

5. Руководство к лабораторным занятиям по общей химии : учеб.-метод. пособие для студентов 1 курса лечеб. фак-та учреждений высш. мед. образования / Л. В. Чернышева [и др.]. – Гомель : ГомГМУ, 2019. – 144 с. – Режим доступа: <http://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/4752>. – Дата доступа: 17.06.2023.

6. Ткачев, С.В. Общая химия : учеб. пособие для студентов учреждений высш. образования по специальностям "Лечеб. дело", "Педиатрия", "Стоматология", "Мед.-профилакт. дело" / С.В. Ткачев, В.В. Хрусталеv. - Минск : Вышэйшая школа, 2020. - 494, [1] с. : ил., табл. - Допущено М-вом образования Респ. Беларусь.