

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

Кафедра общей и биоорганической химии

Авторы:

А.И. Макаренко, к.б.н, доцент кафедры;

А.К. Довнар, старший преподаватель кафедры;

М.В. Одинцова, старший преподаватель кафедры;

Ж.Н. Громько, старший преподаватель кафедры.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

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

I курса медико-диагностического факультета,
обучающихся по специальности 7-07-0911-04 «Медико-диагностическое дело»

Тема 1: Вводное занятие. Учение о химическом эквиваленте

Время: 3 часа

Утверждены на заседании кафедры
общей и биоорганической химии
(протокол № 8 от 31.08.2024)

УЧЕБНЫЕ И ВОСПИТАТЕЛЬНЫЕ ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ, МОТИВАЦИЯ ДЛЯ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

Учебная цель:

– формирование базовой профессиональной компетенции для применения знаний о химических и физико-химических основах процессов жизнедеятельности организма человека и методах исследования биологических жидкостей, растворов лекарственных веществ при решении диагностических, научно-исследовательских и иных задач профессиональной деятельности; сформировать правила работы и техникой безопасности в химической лаборатории, а также сформировать навыки работы с химической мерной посудой.

Воспитательная цель:

– создание условий для формирования следующих мировоззренческих идей: обусловленность развития химической науки потребностями производства, жизни, быта, уровнем здоровья населения; истинность научных знаний и законов природы;

– развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал;

– сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны;

– осознать социальную значимость своей будущей профессиональной деятельности;

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

Задачи:

В результате проведения учебного занятия студент должен

знать:

– правила работы и технику безопасности в химической лаборатории;

– правила противопожарной безопасности;

– план эвакуации студентов при пожаре;

– понятие о химическом эквиваленте, молярной массе эквивалента вещества;

– формулы для вычисления химического эквивалента, молярной массы эквивалента сложных веществ.

уметь:

– определять фактор эквивалентности веществ;

– рассчитывать молярную массу эквивалента различных веществ;

– выполнять расчеты по уравнениям химических реакций на основе закона эквивалентов;

– пользоваться справочной литературой для решения поставленных задач.

владеть:

– составлением уравнений химических реакций и расстановкой в них коэффициентов;

– принципами классификаций химических реакций;

Мотивация для усвоения темы:

В современной медицине специфика подготовки врачей по специальности 7-07-0911-04 «Медико-диагностическое дело» используется широкий спектр различных диагностических методов. Одним из распространенных методов диагностики является количественный анализ. Расчеты в количественном анализе базируются на знаниях о химическом эквиваленте и законе эквивалентов.

В связи с этим врач клинической лабораторной диагностики должен обладать знаниями основ современных расчетов в химическом анализе и уметь интерпретировать полученные результаты.

МАТЕРИАЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ

1. Методические рекомендации для студентов по теме «Вводное занятие. Учение о химическом эквиваленте».
2. Учебные таблицы:
 - а) периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева;
 - б) таблица растворимости кислот, оснований и солей.
3. Справочник физико-химических величин, изучаемых в курсе медицинской химии.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИЗ СМЕЖНЫХ ДИСЦИПЛИН

Полученные знания и умения по способам нахождения фактора эквивалентности, молярной массы эквивалента, молярного объема эквивалента вещества, а также применения закона эквивалентов потребуются студентам для изучения медицинской биологии, медицинской физики, фармакологии, биохимии и ряда клинических дисциплин.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ ЗАНЯТИЯ [1-11]

1. Понятие о химическом эквиваленте. Фактор эквивалентности. Молярная масса эквивалента, молярный объем эквивалента вещества.
2. Закон эквивалентов.

ХОД ЗАНЯТИЯ

Теоретическая часть

1. ПОНЯТИЕ О ХИМИЧЕСКОМ ЭКВИВАLENTE. ФАКТОР ЭКВИВАLENТНОСТИ. МОЛЯРНАЯ МАССА ЭКВИВАLENТА, МОЛЯРНЫЙ ОБЪЕМ ЭКВИВАLENТА ВЕЩЕСТВА

Введение в химическую терминологию понятия «эквивалент» произошло на рубеже XVIII-XIX века и было обусловлено тем, что, как следует из закона постоянства состава, элементы соединяются друг с другом в строго определенных количественных соотношениях. На основе этого понятия был сформулирован закон эквивалентов, который является одним из основных законов в стехиометрии.

Химический эквивалент – реальная или условная частица вещества, которая эквивалентна (химически равноценна) одному протону (единичному заряду) в обменных реакциях или одному электрону в окислительно-восстановительных реакциях.

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 $6,02 \times 10^{23}$ 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:

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

где, $f_3(X)$ – 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:

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

где $f_3(X)$ – 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 (f_3) для простых и сложных веществ

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

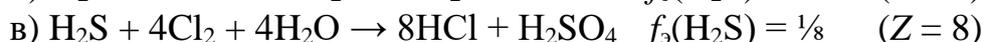
Фактор эквивалентности одного и того же вещества может иметь разные значения в разных реакциях.

Нахождение f_3 с учетом уравнений реакций:

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

где 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:



2. ЗАКОН ЭКВИВАЛЕНТОВ

Большинство реакций в количественном анализе, протекают в стехиометрических соотношениях и заканчивающихся полным расходом исходных веществ. К таким реакциям применим закон эквивалентов, открытый немецким химиком И.В. Рихтером (1793 г.).

Закон эквивалентов: *вещества взаимодействуют друг с другом и образуются в результате химической реакции в количествах, пропорциональных их эквивалентам.*

Или, другими словами, количества эквивалентов всех веществ, вступивших в реакцию и образовавшихся в результате реакции, численно равны между собой.

Для реакции $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C} + \text{D}$ справедливо соотношение:

$$n(1/z \text{ A}) = n(1/z \text{ B}) = n(1/z \text{ C}) = n(1/z \text{ D})$$

где $n(1/z X)$ – химическое количество эквивалента вещества X , моль.

$$n(1/z X) = \frac{m(X)}{M(1/z X)} = \frac{m(X)}{f_3(X) \cdot M(X)}; n(1/z X) = \frac{V(X)}{V(1/z X)} = \frac{V(X)}{f_3(X) \cdot V_m(X)}$$

Соответственно, массы (объемы) реагирующих веществ и продуктов их взаимодействия пропорциональны их эквивалентным массам (объемам):

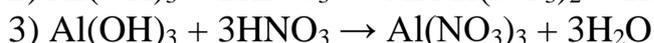
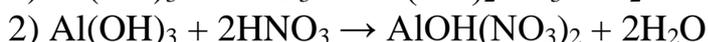
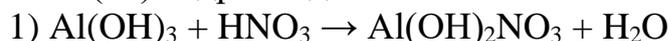
$$\frac{m(\text{A})}{M(1/z \text{ A})} = \frac{m(\text{B})}{M(1/z \text{ B})} = \frac{m(\text{C})}{M(1/z \text{ C})} = \frac{m(\text{D})}{M(1/z \text{ D})}$$

Для веществ в газообразном состоянии:

$$\frac{V(A)}{V(1/z A)} = \frac{V(B)}{V(1/z B)} = \frac{V(C)}{V(1/z C)} = \frac{V(D)}{V(1/z D)}$$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Пример 1. Определите фактор эквивалентности и молярную массу эквивалента алюминий (III) гидроксида и азотной кислоты в следующих реакциях:



Решение:

Фактор эквивалентности для веществ, участвующих в обменной реакции, определяем по формуле:

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

где Z – суммарный заряд обменивающихся ионов в **1 молекуле**;

1) в **одной** Al(OH)_3 1 гидроксильная группа обменивается на нитрат-ион; в одной молекуле HNO_3 1 нитрат-ион обменивается на 1 гидроксильную группу, т.е.

$$f_3(\text{Al(OH)}_3) = 1/1 = 1 \quad (Z = 1)$$

$$f_3(\text{HNO}_3) = 1/1 = 1 \quad (Z = 1)$$

$$M(1/z \text{Al(OH)}_3) = 78 \cdot 1 = 78 \text{ г/моль}$$

$$M(1/z \text{HNO}_3) = 63 \cdot 1 = 63 \text{ г/моль}$$

2) в Al(OH)_3 2 гидроксильные группы обмениваются на нитрат-ионы; в одной молекуле HNO_3 1 нитрат ион обменивается на 1 гидроксильную группу, т.е.

$$f_3(\text{Al(OH)}_3) = 1/2 \quad (Z = 2)$$

$$f_3(\text{HNO}_3) = 1/1 = 1 \quad (Z = 1)$$

$$M(1/z \text{Al(OH)}_3) = 78 \cdot 1/2 = 39 \text{ г/моль}$$

$$M(1/z \text{HNO}_3) = 63 \cdot 1 = 63 \text{ г/моль}$$

3) в Al(OH)_3 3 гидроксильные группы обмениваются на нитрат-ионы; в одной молекуле HNO_3 1 нитрат ион обменивается на 1 гидроксильную группу, т.е.

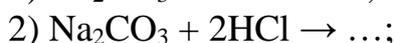
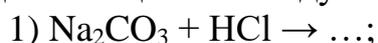
$$f_3(\text{Al(OH)}_3) = 1/3 \quad (Z = 3)$$

$$f_3(\text{HNO}_3) = 1/1 = 1 \quad (Z = 1)$$

$$M(1/z \text{Al(OH)}_3) = 78 \cdot 1/3 = 26 \text{ г/моль}$$

$$M(1/z \text{HNO}_3) = 63 \cdot 1 = 63 \text{ г/моль}$$

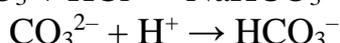
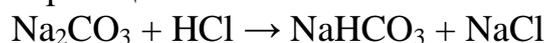
Пример 2. Определите фактор эквивалентности и молярную массу эквивалента исходных веществ в следующих уравнениях реакций:



Решение:

Запишем уравнения реакций:

1) Кислотно-основная реакция:



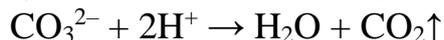
$$f_3(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1/1 = 1$$

$$f_3(\text{HCl}) = 1/1 = 1$$

$$M(1/z \text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \cdot 1 = 106 \text{ г/моль}$$

$$M(1/z \text{HCl}) = 36,5 \cdot 1 = 36,5 \text{ г/моль}$$

2) кислотно-основная реакция:



$$f_3(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1/2$$

$$f_3(\text{HCl}) = 1$$

$$M(1/2 \text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \cdot 1/2 = 53 \text{ г/моль}$$

$$M(1/2 \text{HCl}) = 36,5 \cdot 1 = 36,5 \text{ г/моль}$$

3) окислительно-восстановительная реакция:



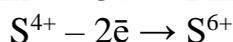
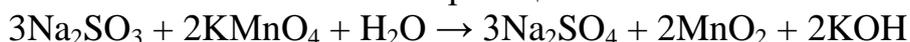
$$f_3(\text{KMnO}_4) = 1/5$$

$$f_3(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 1/2$$

$$M(1/2 \text{KMnO}_4) = 158 \cdot 1/5 = 31,6 \text{ г/моль}$$

$$M(1/2 \text{Na}_2\text{SO}_3) = 126 \cdot 1/2 = 63 \text{ г/моль}$$

4) окислительно-восстановительная реакция:



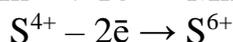
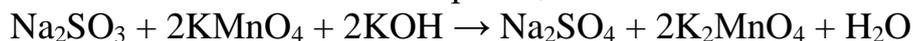
$$f_3(\text{KMnO}_4) = 1/3$$

$$f_3(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 1/2$$

$$M(1/2 \text{KMnO}_4) = 158 \cdot 1/3 = 52,7 \text{ г/моль}$$

$$M(1/2 \text{Na}_2\text{SO}_3) = 126 \cdot 1/2 = 63 \text{ г/моль}$$

5) окислительно-восстановительная реакция:



$$f_3(\text{KMnO}_4) = 1/1 = 1$$

$$f_3(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 1/2$$

$$M(1/2 \text{KMnO}_4) = 158 \cdot 1 = 158 \text{ г/моль}$$

$$M(1/2 \text{Na}_2\text{SO}_3) = 126 \cdot 1/2 = 63 \text{ г/моль}$$

Пример 3. Вычислите массу вещества, содержащегося в заданном количестве эквивалента вещества: а) 0,2 моль H_2SO_4 ; б) 2,0 моль Na_2CO_3 ; в) 0,5 моль $\text{Ca}(\text{OH})_2$; г) 0,05 моль AgNO_3 .

Решение:

1) Воспользуемся формулой

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

2) Выразив массу, получаем следующее уравнение:

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

3) Тогда, масса вещества, содержащегося в заданном количестве эквивалентов, будет равняться:

$$\text{а) } m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,2 \cdot 1/2 \cdot 98 = 9,8 \text{ г};$$

$$\text{в) } m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0,5 \cdot 1/2 \cdot 74 = 18,5 \text{ г};$$

$$\text{б) } m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2 \cdot 1/2 \cdot 106 = 106 \text{ г};$$

$$\text{г) } m(\text{AgNO}_3) = 0,05 \cdot 1 \cdot 170 = 8,5 \text{ г}.$$

Ответ: а) $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 9,8 \text{ г}$; б) $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г}$; в) $m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 18,5 \text{ г}$; г) $m(\text{AgNO}_3) = 8,5 \text{ г}$.

Пример 4. Вычислите количество вещества и количество вещества эквивалента в данной массе вещества: а) 0,49 г H_2SO_4 ; б) 16,0 г NaOH ; в) 39,0 г Na_2S ; г) 53,0 г Na_2CO_3 .

Решение:

1) Воспользуемся формулами для нахождения химического количества вещества $n(X)$ и химическое количество эквивалента вещества $n(1/z X)$:

$$n(X) = \frac{m(X)}{M(X)}; \quad n(1/z X) = \frac{m(X)}{M(1/z X)} = \frac{m(X)}{f_z(X) \cdot M(X)}$$

а) $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,49}{98} = 0,005$ моль; $n(1/z \text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,49}{98 \cdot 1/2} = 0,01$ моль;

б) $n(\text{NaOH}) = \frac{16,0}{40} = 0,4$ моль; $n(1/z \text{NaOH}) = \frac{16,0}{40 \cdot 1} = 0,4$ моль;

в) $n(\text{Na}_2\text{S}) = \frac{39,0}{78} = 0,5$ моль; $n(1/z \text{Na}_2\text{S}) = \frac{39,0}{78 \cdot 1/2} = 1$ моль;

г) $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{53,0}{106} = 0,5$ моль; $n(1/z \text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{53,0}{106 \cdot 1/2} = 1$ моль.

Ответ: а) $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,005$ моль, $n(1/z \text{H}_2\text{SO}_4) = 0,005$ моль; б) $n(\text{NaOH}) = 0,4$ моль, $n(1/z \text{NaOH}) = 0,4$ моль; в) $n(\text{Na}_2\text{S}) = 0,5$ моль, $n(1/z \text{Na}_2\text{S}) = 1$ моль; г) $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,5$ моль, $n(1/z \text{Na}_2\text{CO}_3) = 1$ моль.

Пример 5. На восстановление 7,09 г оксида двухвалентного металла требуется 2,24 л водорода (н.у.). Вычислить молярные массы эквивалента оксида и металла. Чему равна атомная масса металла?

Решение:

1) В соответствии с законом эквивалентов можно записать:

$$\frac{m(\text{MeO})}{M(1/z \text{MeO})} = \frac{V(\text{H}_2)}{V(1/z \text{H}_2)}$$

где $m(\text{MeO})$ и $M(1/z \text{MeO})$ – масса и молярная масса эквивалента оксида металла; $V(\text{H}_2)$ и $V(1/z \text{H}_2)$ – объем и молярный объем эквивалента водорода.

2) Отсюда молярная масса эквивалента оксида металла составит:

$$M(1/z \text{MeO}) = \frac{m(\text{MeO}) \cdot V(1/z \text{H}_2)}{V(\text{H}_2)} = \frac{7,09 \cdot 11,2}{2,24} = 35,45 \text{ г/моль}$$

3) Исходя из закона эквивалентов, молярную массу эквивалента соединения можно рассматривать как сумму молярных масс эквивалентов его составных частей. В этом случае для оксида двухвалентного металла можно записать:

$$M(1/z \text{MeO}) = M(1/z \text{Me}) + M(1/z \text{O})$$

Таким образом, молярная масса эквивалента металла составляет:

$$M(1/z \text{Me}) = M(1/z \text{MeO}) - M(1/z \text{O}) = 35,45 - 8 = 27,45 \text{ г/моль}$$

4) Молярная масса эквивалента металла ($M(\text{Me}) = M(1/z \text{Me}) \cdot \text{Валентность}$):

$M = 27,45 \cdot 2 = 54,9$ г/моль. Поскольку молярная масса численно равна атомной массе (в а.е.м.), то атомная масса металла равна 54,9 а.е.м.

Ответ: $M(\text{Me}) = 54,9$ г/моль. Неизвестный металл – марганец (Mn).

Пример 6. В растворе содержится 75,6 г азотной кислоты. На нейтрализацию этого раствора израсходовано 67,2 г щелочи. Какая щелочь использовалась для нейтрализации?

Решение:

1) Азотная кислота (HNO_3) – кислота одноосновная, следовательно, молярная масса эквивалента азотной кислоты равна ее молярной массе, т. е. 63 г/моль.

По закону эквивалентов вычисляем молярную массу эквивалента щелочи:

$$\frac{m(\text{HNO}_3)}{M(1/z \text{HNO}_3)} = \frac{m(\text{MeOH})}{M(1/z \text{MeOH})}$$

Отсюда молярная масса эквивалента щелочи составит:

$$M(1/z \text{MeOH}) = \frac{m(\text{MeOH}) \cdot (M(1/z \text{HNO}_3))}{m(\text{HNO}_3)} = \frac{67,2 \cdot 63}{75,6} = 56 \text{ г/моль}$$

2) Молярную массу эквивалента основания можно представить как сумму молярной массы эквивалента металла и гидроксильной группы:

$$M(1/z \text{MeOH}) = M(1/z \text{Me}) + M(1/z \text{OH})$$

3) Таким образом, молярная масса эквивалента металла составляет:

$$M(1/z \text{Me}) = M(1/z \text{MeOH}) - M(1/z \text{OH}) = 56 - 17 = 39 \text{ г/моль}$$

Из расчета следует, что в реакции использовался калий гидроксид (KOH).

Ответ: для нейтрализации раствора азотной кислоты использовался калий гидроксид (KOH).

УЧЕБНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

**ТЕМА № 1. ВВОДНОЕ ЗАНЯТИЕ.
УЧЕНИЕ О ХИМИЧЕСКОМ ЭКВИВАLENTE**

Ответьте на следующие вопросы:

1) Реальная или условная частица вещества, которая эквивалентна одному протону в обменных реакциях или одному электрону в окислительно-восстановительных реакциях называется _____.

2) Реальная частица – это _____.

3) Условная частица – это _____.

4) Число, показывающее, какая доля реальной частицы вещества X эквивалентна 1 иону водорода в данной ионообменной реакции или 1 электрону в ОВР, называется _____.

5) Расчетная формула молярной массы эквивалента вещества X записывается следующим образом:

$$M(1/z X) = \text{_____} \cdot \text{_____}$$

6) Фактор эквивалентности простого вещества рассчитывается по формуле:

$$f_3 (\text{простое вещество}) = \text{_____}$$

7) Фактор эквивалентности кислоты рассчитывается по формуле:

$$f_3 (\text{кислота}) = \text{_____}$$

8) Фактор эквивалентности основания рассчитывается по формуле:

$$f_3 (\text{основание}) = \text{_____}$$

9) Фактор эквивалентности соли рассчитывается по формуле:

$$f_3 (\text{соль}) = \text{_____}$$

10) Фактор эквивалентности оксида рассчитывается по формуле:

$$f_3 (\text{оксид}) = \text{_____}$$

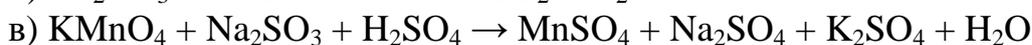
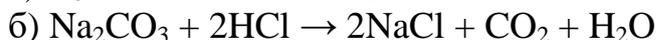
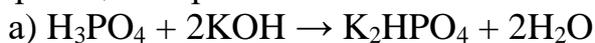
11) Химическое количество эквивалента вещества X рассчитывается по формуле:

$$n(1/z X) = \text{—————} \text{ или } \text{—————}$$

12) Массы реагирующих веществ и продуктов их взаимодействия пропорциональны их эквивалентным массам. Приведенное выражение имеет следующий вид для реакции $A + B \rightarrow C + D$:

$$\text{—————} = \text{—————} = \text{—————} = \text{—————}$$

13) Определите фактор эквивалентности вещества, указанного в уравнениях и схеме реакций первым:



Решение:

а) $f_3(\text{H}_3\text{PO}_4) = \text{—————}$, так как происходит замещение ————— ионов водорода в ортофосфорной кислоте;

б) $f_3(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \text{—————}$, так как замещаются ————— иона натрия, что равноценно замещению ————— ионов водорода;

в) $f_3(\text{KMnO}_4) = \text{—————}$; так как $\text{Mn}^{7+} + \text{—————} \bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{2+}$ частица окислителя присоединяет ————— электронов.

14) Вычислите количество вещества эквивалента в данной массе вещества:

а) 0,49 г H_2SO_4 ; б) 16,0 г NaOH ; в) 39,0 г Na_2S ; г) 53,0 г Na_2CO_3 .

Решение:

а) $n(1/z \text{H}_2\text{SO}_4) = \text{—————} = \text{___}$ моль

б) $n(1/z \text{NaOH}) = \text{—————} = \text{___}$ моль

в) $n(1/z \text{Na}_2\text{S}) = \text{—————} = \text{___}$ моль

г) $n(1/z \text{Na}_2\text{CO}_3) = \text{—————} = \text{___}$ моль

Дата _____

отметка о зачете, подпись преподавателя

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ СРС

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

- подготовку к итоговому занятию;
- подготовку к лабораторным работам, их оформление;
- конспектирование учебной литературы;
- подготовку тематических докладов, рефератов, презентаций;
- выполнение заданий для самоконтроля знаний (проведения типовых расчетов и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплины);
- выполнение исследовательских и творческих заданий;
- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной преподавателем учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.).

Основные методы организации самостоятельной работы:

- изучение темы и подготовка устных ответов на вопросы, вынесенные на СРС;
- изучение тем и проблем, не освещаемых на учебных занятиях;
- написание реферата и оформление презентации;
- выполнение учебно-исследовательской работы.

Перечень заданий СРС:

1. Вычислить фактор эквивалентности (f_3) и молярную массу эквивалента $M(1/z X)$ для индивидуальных веществ:

- | | | | |
|------------------------------|---|---------------------------------------|-------------------------------|
| а) HNO_3 ; | д) KHSO_4 ; | к) K_2O ; | о) $\text{Ba}(\text{OH})_2$; |
| б) NaOH ; | е) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; | л) N_2O_5 ; | п) H_3PO_4 ; |
| в) NH_3 ; | ж) Na_2CO_3 ; | м) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$; | р) H_2CO_3 ; |
| г) H_2SO_4 ; | з) NaHCO_3 ; | н) SO_2 ; | |

Ответ: а) $f_3 = 1$; $M(1/z \text{HNO}_3) = 63$ г/моль; б) $f_3 = 1$; $M(1/z \text{NaOH}) = 40$ г/моль; в) $f_3 = 1$; $M(1/z \text{NH}_3) = 17$ г/моль; г) $f_3 = 1/2$; $M(1/z \text{H}_2\text{SO}_4) = 49$ г/моль; д) $f_3 = 1$; $M(1/z \text{KHSO}_4) = 136$ г/моль; е) $f_3 = 1/2$; $M(1/z \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 191$ г/моль; ж) $f_3 = 1/2$; $M(1/z \text{Na}_2\text{CO}_3) = 53$ г/моль; з) $f_3 = 1$; $M(1/z \text{NaHCO}_3) = 84$ г/моль; к) $f_3 = 1/2$; $M(1/z \text{K}_2\text{O}) = 47$ г/моль; л) $f_3 = 1/10$; $M(1/z \text{N}_2\text{O}_5) = 10,8$ г/моль; м) $f_3 = 1/2$; $M(1/z \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 45$ г/моль; н) $f_3 = 1/4$; $M(1/z \text{SO}_2) = 10$ г/моль; о) $f_3 = 1/2$; $M(1/z \text{Ba}(\text{OH})_2) = 85,5$ г/моль; п) $f_3 = 1/3$; $M(1/z \text{H}_3\text{PO}_4) = 32,7$ г/моль; р) $f_3 = 1/2$; $M(1/z \text{H}_2\text{CO}_3) = 31$ г/моль.

2. Вычислить фактор эквивалентности (f_3) и молярную массу эквивалента $M(1/z X)$ в окислительно-восстановительной реакции:

- | | | |
|--|--|---|
| а) $\text{FeSO}_4 (\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+})$; | д) $\text{KMnO}_4 (\text{Mn}^{7+} \rightarrow \text{Mn}^{6+})$; | к) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 (\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow \text{CO}_2\uparrow)$; |
| б) $\text{HNO}_3 (\text{N}^{5+} \rightarrow \text{N}^{4+})$; | е) $\text{KMnO}_4 (\text{Mn}^{7+} \rightarrow \text{Mn}^{4+})$; | л) $\text{SO}_2 (\text{S}^{4+} \rightarrow \text{S}^{6+})$; |
| в) $\text{HNO}_3 (\text{N}^{5+} \rightarrow \text{N}^{2+})$; | ж) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 (2\text{Cr}^{6+} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+})$; | м) $\text{V}_2\text{O}_5 (\text{V}^{4+} \rightarrow \text{V}^{3+})$. |
| г) $\text{KMnO}_4 (\text{Mn}^{7+} \rightarrow \text{Mn}^{2+})$; | з) $\text{I}_2 (\text{I}_2 \rightarrow 2\text{I}^-)$; | |

Ответ: а) $f_3 = 1$; $M(1/z \text{FeSO}_4) = 152$ г/моль; б) $f_3 = 1$; $M(1/z \text{HNO}_3) = 63$ г/моль; в) $f_3 = 1/3$; $M(1/z \text{HNO}_3) = 21$ г/моль; г) $f_3 = 1/5$; $M(1/z \text{KMnO}_4) = 31,6$ г/моль; д) $f_3 = 1$; $M(1/z \text{KMnO}_4) = 158$ г/моль; е) $f_3 = 1/3$; $M(1/z \text{KMnO}_4) = 52,7$ г/моль; ж) $f_3 = 1/6$; $M(1/z \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 49$ г/моль; з) $f_3 = 1/2$; $M(1/z \text{I}_2) = 127$ г/моль; к) $f_3 = 1/2$; $M(1/z \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 45$ г/моль; л) $f_3 = 1/2$; $M(1/z \text{SO}_2) = 32$ г/моль; м) $f_3 = 1/2$; $M(1/z \text{V}_2\text{O}_5) = 91$ г/моль.

Контроль СРС осуществляется в виде:

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

Контроль усвоения темы:

- проводится в форме устного ответа на вопрос.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Ахметов, Н.С. Общая и неорганическая химия : учебник для вузов / Н.С. Ахметов. – М. : Лань, 2021. – 744 с.
2. 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.
3. Глинка, Н.Л. Общая химия: Учебное пособие для вузов / Н.Л. Глинка. – М : Интеграл-Пресс, 2003. – 728 с.
4. Ермишина, Е.Ю. Общая химия с элементами коллоидной химии / Е.Ю. Ермишина, Н.А. Белоконова. – Учебное пособие. – Екатеринбург: УГМУ, 2021. – 338 с.
5. Ефимова, В.А. Решение задач на основные законы химии: Методические указания к практическим занятиям по химии для студентов дневного, заочного и дистанционного обучения / В.А. Ефимова, Н.С. Громаков, В.А. Бойчук. – Казань : КГАСУ, 2005. – 25 с.
6. Карапетьянц, М.Х. Общая и неорганическая химия : учебник для вузов / М.Х. Карапетьянц, С.И. Дракин. – М. : Ленанд, 2018. – 600 с.
7. Красицкий, В.А. Закон эквивалентов: история и современность / В.А. Красицкий // Химия и Химики. – 2010. – № 7. – С. 5–31.
8. Литвинова, Т.Н. Задачи по общей химии с медико-биологической направленностью / Т.Н. Литвинова. – 3 е изд., испр. – Краснодар, 2011. – 224 с.
9. Некрасов, Б.В. Основы общей химии: в 2 т. / Б.В. Некрасов. – 3 е изд., испр. и доп. – Л. : Химия, 1973. – Т. 1. – 656 с.
10. 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_khimia_Khejdorov-VP_2023.pdf. – Дата доступа: 17.06.2023.
11. 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. Хрусталева. - Минск : Вышэйшая школа, 2020. - 494, [1] с. : ил., табл. - Допущено М-вом образования Респ. Беларусь.