

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

«Белорусский государственный педагогический университет
имени Максима Танка»

ОБЩАЯ ХИМИЯ.
ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ
Практикум

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

Минск 2008

Работа 3. Определение молярной концентрации раствора щелочи титрованием

Цель работы: освоение методики титрования.

Приборы и реактивы: штатив, бюретка, пипетка Мора, конические колбы для титрования, стаканчики для кислоты и щелочи, воронка, груша, индикаторы.

Титрование – совокупность методов объемного химического анализа, основанных на точном измерении объемов растворов реагирующих веществ. Для титрования можно использовать реакции нейтрализации, осаждения, комплексообразования, окислительно-восстановительные. Основные требования к реакциям, используемым в титровании: должны протекать в условиях титрования необратимо; однозначно – иными словами, без параллельных (побочных) процессов; с достаточной скоростью.

В данном методе, как уже упоминалось, проводят реакцию между двумя растворами. Для одного из растворов известна точная концентрация растворенного вещества, этот раствор называют **стандартным** или **титрованным**. Вторым раствором, концентрацию которого требуется установить, называется **анализируемым** или **титруемым**. **Процесс титрования** заключается в том, что к известному объему анализируемого раствора, который отмеряют пипеткой в коническую колбу, медленно, по каплям, добавляют из бюретки стандартный раствор до завершения реакции, который обыкновенно определяют по изменению окраски индикатора.

Индикатор - вещество, которое в основной реакции не участвует, но меняет окраску при изменении физико-химических характеристик раствора (например, pH). Его добавляют в небольшом количестве к анализируемому раствору. Очень важно при титровании не пропустить момент окончания реакции, называемый **точкой стехиометричности**. Если изобразить уравнение реакции, используемой в титровании в общем виде как



то в точке стехиометричности химические количества реагирующих веществ относятся друг к другу как их стехиометрические коэффициенты:

$$n(A)/n(B) = a/b$$

здесь A, B, C, D – формулы реагентов и продуктов реакции;

a, b, c, d – стехиометрические коэффициенты.

Рассмотрим конкретный пример. В данной работе требуется установить точную молярную концентрацию раствора гидроксида натрия. С этой целью проводят реакцию нейтрализации щелочи раствором кислоты известной концентрации в соответствии с уравнением:



В ходе титрования, с добавлением кислоты, будет изменяться pH раствора щелочи. Момент окончания реакции (точка стехиометричности) наступит, когда количество вещества кислоты, прибавленной к анализируемому раствору, будет равно количеству вещества щелочи, содержащемуся в пробе титруемого раствора, т. е. при $\text{pH} = 7$. Зафиксировать этот момент можно при помощи любого из наиболее распространенных кислотно-основных индикаторов – лакмуса, метилоранжа или фенолфталеина.

Форма протокола

1. Стандартный раствор и его концентрация: 0,1М HCl
2. Анализируемый раствор: NaOH № _____
3. Индикатор и переход окраски индикатора в точке стехиометричности:
4. Уравнение реакции, лежащей в основе титрования и расчет молярной концентрации щелочи в анализируемом растворе:
5. Объем анализируемого раствора, V(NaOH): _____ см³:
6. Результаты титрования:

№ п/п	Объем стандартного раствора, пошедший на титрование $V_{ст}$, $см^3$
1	
2	
3	

7. Средний объем стандартного раствора $V_{ср}(HCl)$, $см^3$:
8. Истинное значение молярной концентрации вещества анализируемого раствора $C_{ист}(NaOH)$, моль/ $дм^3$:
9. Абсолютная погрешность, $см^3$:
10. Относительная погрешность δ , %:

Описание работы

1. **Закрепите бюретку в штативе.** Бюретка (рис. 3а) должна быть закреплена лапкой в вертикальном положении. Чтобы она при закреплении в штативе не раскололась, предварительно на среднюю часть бюретки наденьте резиновую трубку.
2. **Промойте бюретку 2-3 раза дистиллированной водой.** Для этого через воронку наполните бюретку водой и, нажимая на шарик в резиновой трубке (или поворачивая кран) в нижней части бюретки, выпускайте воду в предназначенную для этого колбу с такой скоростью, чтобы на стенках бюретки не оставались капли.
3. **Промойте бюретку стандартным раствором.** В чистый сухой стаканчик налейте стандартный раствор и, используя воронку, промойте бюретку 2-3 раза стандартным раствором порциями по 2-3 $см^3$ (чтобы удалить остатки воды из нижней части бюретки). Если стаканчик влажный, предварительно ополосните его небольшим количеством стандартного раствора. Стандартный раствор, использованный для промывания бюретки, необходимо вылить в отходы (почему?).

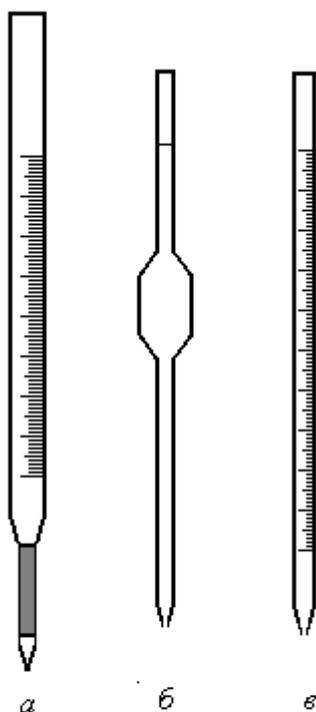


Рис.3 Мерная посуда, используемая при титровании: а - бюретка, б - пипетка Мора, в - пипетка калиброванная

4. **Заполните бюретку стандартным раствором.** Для этого через воронку заполните бюретку стандартным раствором выше нулевой отметки; удалите воздух из носика бюретки (для этого перегните резиновую трубку вверх, подставьте под носик стаканчик и нажмите на шарик). При необходимости долейте в бюретку стандартный раствор чуть выше нуля, уберите воронку и доведите уровень жидкости до нулевой отметки (ориентируясь по нижнему краю мениска).

5. **Отберите пробы анализируемого раствора.** Используя пипетку Мора (рис. 2б) и грушу, отмерьте 3 пробы анализируемого раствора, перенесите их в конические колбы. Для того, чтобы отобрать пробу, в стаканчик на 50 или 100 мл налейте до 1/2 объема анализируемый раствор. Заполните пипетку анализируемым раствором выше метки, набрав его при помощи резиновой груши. Быстро закройте отверстие пипетки указательным пальцем правой руки. После этого стаканчик возьмите в левую руку и ее указательным пальцем слегка прижмите носик пипетки к стенке стаканчика (обязательно вне жидкости, при этом стаканчик держат наклонно, а пипетку – вертикально), чтобы жидкость стекла струей по стенке стаканчика, а не капала. Затем, слегка ослабляя указательный палец правой руки, очень плавно, без толчков слейте раствор до метки. При этом глаз должен находиться на уровне метки. Слегка наклонив пипетку (тогда из нее не будет капать жидкость), перенесите ее в колбу для титрования и слейте раствор, держа пипетку вертикально. Когда жидкость перестанет вытекать из пипетки, наклоните колбу и, коснувшись носиком пипетки

стенки колбы, подержите ее в таком положении несколько секунд (жидкость из пипетки выдувать нельзя!). В каждую колбу добавьте 1-2 капли индикатора. В случае использования метилоранжа необходимо в отдельной колбе приготовить раствор-свидетель (у этого индикатора окраска меняется плавно, необходимо иметь для сравнения образец). Для приготовления свидетеля в коническую колбу внесите 20 см³ дистиллированной воды, добавьте 1-2 капли метилоранжа и 1-2 капли раствора кислоты из бюретки. Окраска свидетеля должна стать золотисто-розовой.

6. **Проведите титрование.** До начала титрования необходимо убрать воронку из бюретки и проверить уровень жидкости! Нажимая на шарик (или слегка приоткрыв кран на носике бюретки), по каплям прибавляйте стандартный раствор из бюретки к пробе анализируемого раствора до изменения окраски индикатора. При этом необходимо следить, чтобы в ходе титрования на внутренних стенках бюретки не оставались капли стандартного раствора. Колбу с раствором при этом необходимо непрерывно покачивать, чтобы происходило перемешивание раствора. Первую пробу следует титровать медленно, тщательно перемешивая раствор после добавления каждой капли из бюретки, до изменения окраски индикатора. После титрования каждой пробы уровень стандартного раствора в бюретке снова доводят до нулевой отметки, как описано выше. При титровании последующих проб можно процесс ускорить, ориентируясь на результат предыдущего титрования. Допустим, при первом титровании израсходовалось 10,5 см³ стандартного раствора. Значит, при титровании следующей пробы можно достаточно быстро добавить примерно 9 см³ раствора из бюретки (но так, чтобы капли раствора на стенках бюретки не оставались!), и лишь затем добавлять стандартный раствор строго по одной капле при тщательном перемешивании. Титрование можно считать окончанным, если результаты титрования трех проб отличаются не более чем на 0,2 см³.

7. Вычислите молярную концентрацию анализируемого раствора.

Вычислите средний объем стандартного раствора, пошедший на титрование, $V_{\text{cp}}(\text{HCl})$, для чего используйте не менее трех результатов, отличающихся значениями не более чем на 0,2 мл; резко отличающиеся данные в расчетах не учитывают. В соответствии с уравнением реакции (2) в точке стехиометричности

$$n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH}).$$

Следовательно, выразив количества веществ кислоты и щелочи исходя из молярной концентрации, получим равенство:

$$C(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = C(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}).$$

В эту формулу подставляют средний объем стандартного раствора $V_{\text{cp}}(\text{HCl})$, пошедшего на титрование.

Узнайте у преподавателя точное значение концентрации раствора щелочи, который Вы использовали для титрования, и вычислите абсолютную и относительную погрешности титрования.

К сведению:

Абсолютная погрешность Δ вычисляется как абсолютное значение разности между истинным и экспериментально полученным значениями измеряемой величины, в данном случае $\Delta = |C_{\text{ист}} - C_{\text{эксп}}|$, моль/дм³

Относительная погрешность δ есть отношение абсолютной погрешности к истинному значению данной величины, в нашем случае $\delta = (\Delta/C_{\text{ист}}) \cdot 100\%$.