

Задания экспериментального тура

ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

Определение показателей качества щелоков сульфатцеллюлозного производства

При получении целлюлозы на сульфатцеллюлозном производстве используют варочный раствор, называемый белым щёлоком. Белый щёлок содержит в качестве основных компонентов гидроксид натрия, сульфид натрия и карбонат натрия, растворителем служит вода. Карбонат и сульфид вследствие гидролиза создают щелочную среду и оттитровываются кислотой, как и гидроксид натрия. Значение pH щёлока составляет 13–14 единиц.

Варочный раствор характеризуют содержанием общей, эффективной и активной щёлочи (в пересчёте на оксид или гидроксид натрия).

Общая титруемая щелочь (ОТЩ) – суммарное содержание гидроксида, сульфида и карбоната натрия.

Активная щёлочь (АЩ) – суммарное содержание гидроксида и сульфида натрия.

Эффективная щёлочь (ЭЩ) – суммарное содержание гидроксида, 50% сульфида и 50% карбоната натрия.

Сущность метода определения показателей белого щёлока. К измеренному объёму щёлока добавляют хлорид бария, после чего титрованием с индикатором метиловым оранжевым определяют сумму содержания гидроксида и сульфида натрия (*активная щёлочь*).

Для определения *эффективной щёлочи* пробу щёлока оттитровывают с фенолфталеином. Продолжая титрование той же пробы с метиловым оранжевым, определяют *общую титруемую щёлочь*.

Задание. Используя имеющиеся на столе реактивы и оборудование, определите концентрации общей титруемой, активной и эффективной щёлочи (в граммах Na_2O на литр) в выданном растворе белого сульфатного щелока.

По полученным результатам определите среднее значение и отклонение от средней концентрации (в %).

Ответьте на теоретические вопросы:

1. К какому типу титрования относится титрование при определении общей титруемой щёлочи?

2. Каков рН щёлока при содержании гидроксида натрия 20 г/л и отсутствии сульфида и карбоната натрия? Ответ поясните расчётом.
3. Напишите уравнения химических реакций, протекающих при определении ЭЩ, АЩ и ОТЩ. Запишите также реакции, приводящие к изменению цвета индикаторов (в упрощённом виде, обозначая формы индикатора как Инд-ОН и Инд-О⁻). Чем обусловлено изменение цвета индикатора?
4. В чём причина необходимости применения различных индикаторов при определении общей и эффективной щелочи?

Реактивы: 1 М НСl (точной концентрации), 20% ВаСl₂, 0,1% спиртовой раствор фенолфталеина, 0,1% водный раствор метилового оранжевого.

Оборудование: бюретка на 25 мл, пипетки на 2, 5 и 20 мл, мерная колба на 50 мл с пробкой, мерный цилиндр на 50 мл, колба Эрленмейера на 250 мл, воронки, пипетки для индикаторов.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Определение эффективной щёлочи. В колбу вместимостью 250 мл поместите с помощью пипетки 5,0 мл исследуемого щёлока, добавьте цилиндром 50 мл воды и титруйте 1 М раствором соляной кислоты в присутствии фенолфталеина (4 капли) (*a*, мл).
РАСТВОР НЕ ВЫЛИВАТЬ!

Определение общей титруемой щёлочи. В раствор, оттитрованный с фенолфталеином, добавьте 4 капли метилового оранжевого и продолжайте титрование 1 М соляной кислотой до появления розовой окраски (*b*, мл, отсчёт от начала титрования эффективной щёлочи).

Определение активной щёлочи. В мерную колбу на 50 мл внесите 5,0 мл исследуемого щёлока, прилейте 2 мл 20%-го раствора хлорида бария, разбавьте до метки дистиллированной водой и закройте пробкой. Взболтайте содержимое колбы и дайте раствору отстояться.

После отстаивания осадка отберите 20 мл прозрачной жидкости в колбу для титрования (на 250 мл), добавьте 4 капли метилового оранжевого и титруйте 1 М раствором соляной кислоты (*v*, мл)

Титрование повторите 3 раза.

Расчётные формулы

Молярную концентрацию гидроксид-ионов рассчитывают по результатам титрования по следующей формуле:

$$C_{щ} = \frac{C_k \cdot V_k}{V_{щ}}$$

где: $C_{щ}$ – концентрация щёлочи (гидроксид-ионов), моль/л,

C_k – концентрация кислоты, равная 1 М,

V_k – объём кислоты, израсходованной при титровании (**a**, **б** или **в**), мл,

$V_{щ}$ – объём щёлочи, равный 5 мл.

Для расчета содержания «щёлочи» в граммах Na_2O /л необходимо $C_{щ}$ умножить на молярную массу эквивалента оксида натрия ($\frac{M(\text{Na}_2\text{O})}{2} = \frac{62}{2} = 31$ (г/моль)).

Расчётные формулы:

$$\text{ЭЩ} = a \cdot 31 / 5, \text{ г Na}_2\text{O} / \text{л}$$

$$\text{ОТЩ} = б \cdot 31 / 5, \text{ г Na}_2\text{O} / \text{л}$$

$$\text{АЩ} = в \cdot 31 \cdot 50 / (20 \cdot 5), \text{ г Na}_2\text{O} / \text{л}, \quad \text{где } 5 \text{ – аликвота щелока.}$$

Ответы на теоретические вопросы

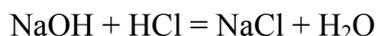
1. Титрование относится к кислотно-основному.
2. Содержание гидроксида натрия в 20 г/л соответствует концентрации гидроксида натрия 0,5 моль/л:

$$C = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{20}{40 \cdot 1} = 0,5 \text{ моль / л}$$

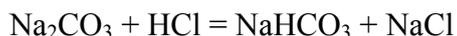
Будучи сильным основанием, гидроксид натрия диссоциирует нацело, и концентрация гидроксид-иона составит 0,5 моль/л, $\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-] = 0,3$, а $\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 13,7$.

3. Уравнения реакций, протекающих при титровании щелока.

Процессы, протекающие при определении **эффективной щёлочи**:

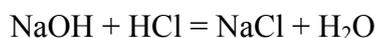


$\text{Na}_2\text{S} + \text{HCl} = \text{NaHS} + \text{NaCl}$ (в присутствии фенолфталеина, изменяющего окраску при pH 8–9, сульфид титруется только до гидросульфида),



(карбонат с этим индикатором титруется до гидрокарбоната),

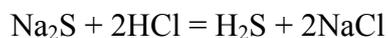
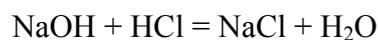
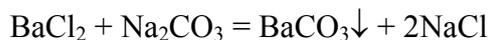
Процессы, протекающие при определении **общей титруемой щёлочи**:



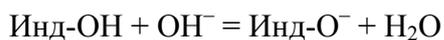
$\text{Na}_2\text{S} + 2\text{HCl} = \text{H}_2\text{S} + 2\text{NaCl}$ (в присутствии метилового оранжевого, изменяющего окраску при pH 3–4, сульфид оттитровывается по обеим ступеням),

$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{CO}_3$ (карбонат с этим индикатором оттитровывается также по обеим ступеням),

Процессы, протекающие при определении **активной щёлочи**:



Реакции, приводящие к изменению цвета **индикаторов**:



4. Показатели общей, эффективной и активной щёлочи складываются из концентраций оснований различной силы (гидроксид натрия, карбонат натрия, сульфид натрия), диссоциирующих при различном значении рН. Следовательно, оттитровываются эти электролиты при достижении различных значений рН. Различные индикаторы изменяют свою окраску при различном значении рН, чем и обусловлено их применение.