

Лабораторная работа

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭТИЛОВОГО СПИРТА В РАСТВОРАХ

Цель работы: освоить пикнометрические, ареометрические, рефрактометрические и интерферометрические методы определения концентрации спирта в растворах. Изучить устройство и правила работы с металлическим и стеклянным спиртомерами. Воспроизвести йодометрический и химический методы определения этанола, по полученным результатам провести сравнительную оценку исследуемых образцов.

Теоретические сведения

Сбраживание углеводов с образованием спирта является одним из основных биохимических процессов бродильных производств. Поэтому этиловый спирт входит в тех или иных количествах в состав полупродуктов и целевых продуктов производства пива, спирта, кваса.

Этиловый спирт широко используется как растворитель и консервант при получении спиртованных плодово-ягодных соков, морсов, настоев и ароматных спиртов. Как сырье он входит в состав ликеро-водочных изделий. Кроме того, спирт содержится в товарном сивушном масле, головной фракции этилового спирта и его концентрате, а также в отходах производств – газах брожения, барде и промывных водах дрожжевого производства.

Количественное определение этилового спирта в различных объектах – одна из основных задач химико-технологического контроля бродильных производств. Неточное определение спирта может привести к выпуску нестандартной продукции, неправильному учету выхода целевого продукта и расхода сырья.

Содержание этилового спирта в водных растворах (крепость водно-спиртовых растворов) выражают в объемных (в ликероводочных изделиях), массовых (в пиве, квасе) и молярных процентах (при составлении материальных балансов при перегонке бражки и ректификации спирта). Для пересчета содержания спирта от одних концентраций к другим используют специальные формулы и таблицы (приложение 2).

Методы количественного определения этилового спирта можно разделить на физические, физико-химические и химические.

Физические и физико-химические методы

Сущность физических методов определения концентрации этанола сводится к нахождению какого-либо физического параметра исследуемого раствора, который изменяется закономерно с изменением его концентрации. Чаще других показателей определяют плотность, показатель преломления, разность показателей преломления исследуемого вещества и воды. Измерив одну из этих величин, по таблицам или градуировочным графикам находят действительное содержание этилового спирта в продукте.

Таблицы и графические зависимости между концентрацией спирта и физическими константами составлены для чистых водно-спиртовых растворов. Присутствие же

экстрактивных веществ в исследуемых продуктах искажает действительное содержание спирта в них, так как они по своим физическим свойствам резко отличаются от этилового спирта. Например, их плотность всегда больше единицы, а этилового спирта – меньше, поэтому экстрактивные вещества всегда занижают действительное содержание спирта в исследуемых продуктах. В [связи с этим продукты](#), в состав которых входят экстрактивные вещества, перед определением спирта вначале подвергают перегонке.

Пикнометрический метод

Плотность водно-спиртового раствора изменяется закономерно от 1,00 до 0,79 г/см³ с увеличением концентрации этилового спирта. По плотности находят содержание спирта в водном растворе.

Плотность водно-спиртовых растворов определяют с помощью пикнометров. Точность пикнометрического метода зависит, главным образом, от точности нахождения плотности водно-спиртового раствора. Установив пикнометром плотность раствора с точностью до 0,0001, концентрацию спирта в растворе определяют со следующей точностью: ±0,10 – 0,08 % – в растворах, содержащих 1 – 30 % об. спирта; ±0,08 – 0,05 % – в растворах, содержащих 30 – 50 % об. спирта; ±0,05 – 0,04 % – в растворах, содержащих 50 – 70 % об. спирта; ±0,04 – 0,02 % – в растворах, содержащих 70 – 97 % об. спирта.

Из приведенных данных видно, что точность метода значительно падает в области низких концентраций спирта. При анализе водно-спиртовых растворов, содержащих 1 – 2 % спирта, относительная ошибка метода достигает 25 – 13 %. Поэтому такие растворы анализируют более точными методами (флотационным или химическим). В области средних и высоких концентраций спирта относительная ошибка метода составляет незначительную величину – 0,5 – 0,05 %, в связи с чем в указанной области концентраций с успехом применяют пикнометрический метод. В практике заводских лабораторий этот метод широко применяют при анализе пива, вин, соков и морсов.

Определение содержания спирта в спиртованном соке. Крепость сока находят по относительной плотности дистиллята и выражают в объемных процентах.

Аппаратура и реактивы. Установка для отгонки спирта; термометр с ценой деления 0,1 °С; пикнометр; 1 моль/дм³ раствор гидроксида натрия.

Проведение анализа. Вначале сок подвергают перегонке (рис. 3). Мерную колбу вместимостью 100 см³ заполняют соком, выдерживают при 20 °С в течение 15 – 20 мин. Содержимое колбы переносят в перегонную колбу вместимостью 250 – 300 см³. Мерную колбу трижды ополаскивают небольшими порциями (по 5 – 10 см³) дистиллированной воды и ополоски сливают в перегонную колбу. Затем сок нейтрализуют по лакмусу 1 моль/дм³ раствором щелочи, что уменьшает вспенивание при перегонке и исключает влияние кислот на точность определения концентрации этанола в исследуемом продукте. Перегонную колбу сразу же соединяют через каплеуловитель с холодильником, через который пропускают холодную воду. В качестве приемника используют мерную колбу вместимостью 100 см³, в которую предварительно наливают 10 – 15 см³ воды. Узкий

конец форштоса погружают в воду и приступают к перегонке. Для уменьшения потерь спирта приемную колбу помещают в баню со льдом. Перегонку сока производят со скоростью 3,5 – 4,5 см³/мин. Следят, чтобы дистиллят не засасывало в холодильник, а экстрактивные вещества не пригорали. Перегонку прекращают, когда мерная колба заполнится дистиллятом на 3/4 объема. Осторожно вынимают форштос из мерной колбы, ополаскивают водой, которую сливают в приемную колбу. После этого прекращают подогрев содержимого перегонной колбы и приемную колбу доводят дистиллированной водой при 20 °С до метки. Содержимое мерной колбы тщательно перемешивают, определяют плотность дистиллята пикнометром и находят содержание спирта в соке (в % об.), пользуясь приложением 2.

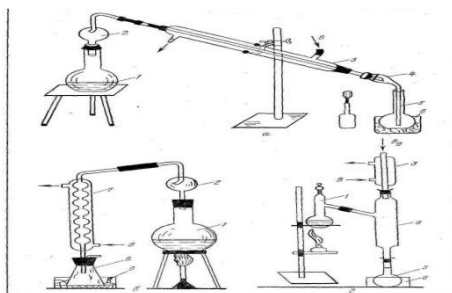


Рис. 3. Установка для отгонки спирта: 1 – плоскодонная перегонная колба; 2 – каплеуловитель Кьельдаля; 3 – прямоточный холодильник; 4 – форштос; 5 – приемная мерная колба; 6 – баня со льдом; 7 – шариковый холодильник; 8 – приемная колба с воздушной трубкой;

9 – отводная трубка; В – холодная вода

Определение содержания спирта в пиве. Содержание спирта в пиве находят по относительной плотности его дистиллята и выражают в массовых процентах.

Аппаратура и реактивы. Установка для отгонки (рис. 3), термометр; пикнометр; технические весы.

Проведение анализа. Пиво подогревают до 30 °С и встряхивают в течение 30 мин до полного удаления CO₂, после чего охлаждают до 20 °С. Перед началом анализа колбы 1 и 8 взвешивают с точностью до 10⁻² г. Затем в перегонной колбе взвешивают 200 г освобожденного от диоксида углерода пива, а в колбу 5 наливают 10 – 15 см³ дистиллированной воды и приступают к перегонке. Закончив перегонку, приемную колбу ставят на весы и содержимое доводят водой до начальной массы пива, равной 200 г. Перемешав содержимое приемной колбы, определяют пикнометром относительную плотность дистиллята при 20 °С и по приложению 2 находят содержание спирта в пиве.

Ареометрический метод

Для определения содержания этилового спирта в водно-спиртовых растворах применяют ареометры специального назначения – спиртомеры. С их помощью определяют содержание этилового спирта в растворах, имеющих температуру от минус 25 до плюс 40 °С. Зная температуру раствора и показание спиртомера, по специальным таблицам находят относительное содержание этилового спирта в водно-спиртовых растворах в пересчете на температуру 20 °С.

В настоящее время содержание этилового спирта в водно-спиртовых растворах определяют стеклянным спиртомером. Для этой цели может быть использован и металлический спиртомер.

Стекланный спиртомер, предназначенный для измерения крепости водно-спиртовых растворов, представляет собой ареометр постоянной массы, который выполнен в виде поплавка цилиндрической формы. Деления шкалы при температуре раствора 20 °С показывают содержание в нем спирта в объемных процентах.

Определение содержания этилового спирта в спиртосодержащих продуктах стеклянным спиртомером. В ректификованном спирте определяют при 20 °С непосредственно истинное содержание этилового спирта (в % об.). В водках же определяют видимое содержание этанола, а если их предварительно перегоняют и доводят дистиллированной водой до первоначального объема, находят истинное содержание спирта. Крепость ликероводочных напитков, спиртованных соков, морсов, настоев и бражки определяют после перегонки.

Содержание спирта в водно-спиртовом растворе **определяют в чистых стеклянных цилиндрах**, обеспечивающих свободное погружение спиртомера и термометра. Перед определением цилиндр трижды ополаскивают примерно 50 см³ испытуемого раствора. Чистый и сухой спиртомер перед погружением в раствор обтирают мягким (лучше льняным) полотенцем. После этого в цилиндр наливают испытуемый раствор и погружают в него термометр. Замерив температуру раствора, осторожно опускают в ци-

линдр стеклянный спиртомер. Спиртомер берут за его верхний утонченный конец и осторожно опускают в жидкость с таким расчетом, чтобы измерительная часть не оказалась смоченной более чем на 2 – 3 мм над верхней частью мениска. Первый замер является ориентировочным, последующие 2 – 3 замера используют для расчетов. При повторных замерах измерительная часть прибора обязательно осушается полотенцем. Выдержав спиртомер и термометр 3 – 4 мин в жидкости, производят отсчеты по шкале спиртомера и термометра. Вынув спиртомер из раствора, проверяют точность определения температуры. Для этого осторожно перемешивают жидкость термометром, устанавливают термометр по осевой линии цилиндра и снимают отсчет. Если температура изменилась более чем на $\pm 0,1$ °С, определение крепости спирта повторяют. Метод точен, легко выполним и дает хорошую воспроизводимость результатов анализа.

Зная показания спиртомера и термометра, по специальным таблицам находят крепость раствора.

При отсчете показаний спиртомера и термометра придерживаются следующих правил: для точного отсчета показаний шкалы спиртомера глаза наблюдателя должны находиться ниже уровня жидкости, чтобы было видно основание мениска в форме эллипса. Затем, поднимая голову, замечают, как эллипс, суживаясь, обращается в прямую линию, ясно проектирующуюся на шкале прибора. В этот момент производят отсчет; отсчет производят с точностью до одного наименьшего деления шкалы спиртомера; если при измерении крепости основание мениска жидкости находится ниже или выше отсчетной шкалы более чем на 1 – 2 деления, подбирают другой спиртомер; при точных отсчетах учитывают поправки к спиртомерам и термометрам, имеющиеся в документах о проверке приборов; температуру раствора определяют с точностью $\pm 0,1$ или 0,5 °С в зависимости от применяемого термометра. Если же температура раствора с учетом поправки содержит

сотые доли градуса, ее значение округляют до десятых долей. Легче работать, если температура раствора равна целому числу градусов или $\pm 0,5$ °С, поэтому в практике зачастую подогревают или охлаждают раствор на $0,1 - 0,9$ °С; **точные результаты анализа получают**, если температуры раствора и воздуха помещения равны или отличаются на незначительную величину ($1 - 2$ °С). При большей разности температур крепость определяют лишь после того, как испытуемый образец примет температуру окружающего воздуха. Не допускается измерять крепость раствора вблизи отопительных приборов и на сквозняке; в связи с тем, что в пересчетных таблицах температура указана через 1 °С, а показание спиртомера через $0,5$ единиц, при промежуточных значениях показаний спиртомера и термометра крепость этилового спирта определяют линейным интерполированием.

Пример. Определить объемное содержание спирта в водно-спиртовом растворе, если при температуре 18 °С показание стеклянного спиртомера равно $94,4$.

По таблице находят, что показанию спиртомера $94,5$ при 18 °С соответствует содержание спирта $94,93$ % об., а показанию спиртомера $94,0$ при той же температуре – содержание спирта $94,44$ % об. Искомое содержание спирта x (в % об.) находят из пропорции:

$$94,93 - x \quad 94,5 - 94,4$$

$$94,93 - 94,44 \quad 94,5 - 94,0, \text{ откуда } x = 94,83$$

Данные ареометрического анализа широко используются для учета спирта в безводном исчислении. Количество безводного спирта Q_v ректифицированных спиртах, водках и других спиртосодержащих продуктах определяют в декалитрах безводного спирта в пересчете на температуру 20 °С по формуле $Q = Q_t \cdot K$, где Q_t – объем спиртосодержащего продукта при данной температуре, дал; K – множитель для пересчета на безводный спирт при 20 °С (K находят по таблицам в зависимости от крепости и температуры продукта).

Рефрактометрический метод

Показатель преломления водно-спиртового раствора зависит от содержания этилового спирта. Эта зависимость носит экстремальный характер: вначале с увеличением концентрации спирта показатель преломления растет. Достигнув максимума в точке x ($n = 1,36489$ при концентрации спирта 80 % мас.), показатель преломления в дальнейшем с увеличением концентрации растворов постепенно падает.

Кроме графиков, имеются таблицы, в которых показатель преломления выражен как функция концентрации водно-спиртовых растворов.

Водно-спиртовые растворы, содержащие до 52 % мас. спирта, рефрактометрируются непосредственно, а более концентрированные растворы, у которых одному и тому же показателю преломления отвечают две концентрации спирта, разбавляются вдвое по массе дистиллированной водой. Определив показатель преломления, находят крепость разбавленного раствора по графику или таблице и полученную величину удваивают. Растворы объемным методом не разбавляют, так как полученный результат резко искажается за счет сжатия раствора.

Работая с водно-спиртовыми растворами, соблюдают температуру растворов и призм рефрактометра ($20 \pm 0,1$) °С, так как показатель преломления спирта резко изменяется в зависимости от температуры. Этиловый спирт очень летуч, поэтому все работы с ним проводят быстро, очень осторожно и без потерь. Допустимая погрешность при параллельных анализах – 0,1 деления условной шкалы рефрактометра.

Рефрактометрический метод применим для чистых водно-спиртовых растворов, **поэтому при анализе бражки**, пива, производственных дрожжей рефрактометрируют их дистилляты.

Интерферометрический метод

Интерферометрический метод относится к оптическим прецизионным методам анализа и требует применения специального прибора – интерферометра.

Интерферометрическим методом определяют не только концентрацию спирта, но и содержание эфирного масла в эфирномасличном сырье и в ароматных спиртах, сухой остаток водопроводной и умягченной воды, истинное содержание сухих веществ в бражке и ликеро-водочных изделиях. Метод применяют в том случае, когда показатели преломления исследуемого и эталонного раствора с известным n различаются не более чем на 0,01. Интерферометрический метод анализа жидких сред отличается простотой, высокой точностью, экспрессностью, требует незначительного количества исследуемого вещества.

Действие интерферометра основано на явлении интерференции световых волн, под которым понимают усиление или ослабление амплитуды колебания результирующей волны в зависимости от соотношения фаз складывающихся двух или нескольких волн с одинаковыми частотами. Интерферировать могут только когерентные пучки света. Когерентностью обладают два световых пучка, в которых колебания происходят с одинаковой частотой, фазой или с постоянной разностью фаз.

Определение содержания спирта в бражке. Концентрацию спирта в бражном дистилляте определяют с помощью интерферометра по отношению к дистиллированной воде. Небольшой объем нативной бражки (5 см³) позволяет быстро получить и проанализировать дистиллят с абсолютной точностью $\pm (0,01 - 0,02)$ % об.

Аппаратура и реактивы. Установка для перегонки бражки; мерная колба вместимостью 25 см³; мерные пипетки вместимостью 5 и 10 см³; интерферометр ИТР-2; термометр с ценой деления 0,1 °С; 1 моль/дм³ раствор NaOH.

Проведение анализа. Бражку из крахмалосодержащего сырья быстро перемешивают и фильтруют через складчатый фильтр, меласную бражку не фильтруют.

Для работы с интерферометром используют водно-спиртовые растворы, содержащие примерно 2 % об. спирта, **поэтому более крепкие пробы**, в том числе дистиллят бражки или фильтрат, перед интерферометрированием разбавляют дистиллированной водой.

При содержании в бражке примерно 8 – 12 об. % спирта поступают следующим образом. 5 см³ бражки или ее фильтрата при 20 °С перегоняют. Отгонка водно-спиртовых паров ведется очень осторожно во избежание пригорания сухих веществ бражки. Спустя 5 – 6 мин, когда перегнали 2/3 от первоначального объема жидкости, нагревание прекращают, холодильник через верхнее отверстие промывают из пипетки 5 – 8 см³ дистиллированной воды и ополоски собирают в приемную колбу. Доводят водой содержимое колбы при 20 °С до метки. В хорошо перемешанном разбавленном дистилляте определяют содержание спирта на интерферометре ИТР-2.

Для интерферометрического анализа спирта пригоден также дистиллят бражки, полученный при перегонке 200 – 250 см³ исходного продукта и затем разбавленный водой в 5 раз.

Интерферометр снабжен набором кювет размером 80, 40, 20, 10 и 5 мм, которые подбирают с учетом крепости анализируемого вещества, заданной точности измерения и сохранения интервала значений разности показателей преломления, которую можно измерять на данном приборе.

Для анализа бражного дистиллята включают прибор в сеть и проверяют совпадение интерференционных полос при пустой термокамере. Эту же работу повторяют с дистиллированной водой, налитой в термокамеру. Определив нуль кюветы, приступают к анализу бражного дистиллята. Интерференционные полосы совмещают, вращая микрометрический винт. Полосы совмещают 3 – 5 раз до получения четкой картины в поле зрения объектива и устойчивого отсчета в пределах 1 – 2 делений по шкале барабана. Величина смещения, выраженная в делениях шкалы, пропорциональна концентрации спирта в бражном дистилляте, поэтому крепость бражного дистиллята $C_{сн}$ и бражки определяют в объемных процентах по формуле

$$C_{сн} = K \cdot m \cdot a,$$

где K – коэффициент пропорциональности между концентрацией анализируемого раствора и показанием шкалы интерферометра. Его определяют периодически для каждого прибора, [кюветы и исследуемого вещества](#); a – разбавление; m – показание шкалы интерферометра.

Газохроматографический метод

Содержание [этилового спирта в продуктах брожения](#), сивушном масле, концентрате головной фракции этилового спирта и в других объектах бродильной промышленности в настоящее время можно определить с помощью метода газовой хроматографии.

Например, отечественный газовый хроматограф Цвет-800 предназначен для анализа сложных многокомпонентных смесей органических и неорганических соединений. Достоинства хроматографа Цвет-800: универсальность применения за счет возможности использования шести детектирующих систем, капиллярных и насадочных колонок и дополнительных устройств, расширяющих аналитические возможности прибора, высокая чувствительность прибора, позволяющая определять микропримеси от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-6}$ без концентрирования и от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-10}$ % об. с предварительным концентрированием

пробы, высокая воспроизводимость и точность анализа, широкий набор тестируемых кварцевых капиллярных и насадочных колонок ручной и автоматической ввод газовых или жидких проб, задание исходных параметров с персонального компьютера или пульта, цифровой и аналоговый выходы, позволяющие проводить обработку выходной информации.

Химические методы

Химические методы основаны на окислении этилового спирта в уксусную кислоту. В качестве окислителя применяют дихромат калия. По расходу окислителя устанавливают количество спирта в анализируемом растворе. Метод окисления – один из наиболее точных методов определения этилового спирта в низкоконцентрированных спиртосодержащих продуктах бродильной промышленности. С увеличением количества примесей (альдегидов, эфиров, кислот, высших спиртов) точность метода снижается.

Дихроматно-йодометрический метод

Дихроматно-йодометрический метод определения спирта основан на окислении спирта дихроматом калия до уксусной кислоты. Избыток дихромата калия определяется йодометрически. Выделившийся свободный йод титруют тиосульфатом натрия. При этом йод окисляет $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до тетрагидрата натрия.

В ходе этой реакции присущая йоду темно-бурая окраска исчезает постепенно, поэтому для установления конца реакции применяется чувствительный реактив на свободный йод – раствор крахмала, который с йодом образует соединение интенсивно синего цвета.

Титрование заканчивают, когда ярко-синяя окраска раствора перейдет в голубовато-зеленую.

По количеству израсходованного тиосульфата натрия устанавливают расход дихромата калия, пошедшего на окисление спирта. Зная эквивалент раствора дихромата калия по спирту, определяют содержание этилового спирта в исследуемом растворе.

Эквивалент $0,5 \text{ моль/дм}^3$ раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ по [спирту рассчитывают из реакции окисления](#), спирта, 1 см^3 $0,5 \text{ моль/дм}^3$ раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ эквивалентен $0,0073 \text{ см}^3$ спирта.

Дихроматно-йодометрический метод определения спирта широко распространен в виноделии, пивоваренном, спиртовом и ликерно-водочном производстве. Основное преимущество метода заключается в том, что им можно достаточно точно определять спирт в небольших объемах жидкости. Метод дает хорошо воспроизводимые результаты опытов при анализе водно-спиртовых продуктов с содержанием спирта 0,5 – 25 % об. Точность метода значительно повышается за счет йодометрического определения избытка дихромата калия.

Продукты с содержанием спирта 5 – 15 % об. разбавляют в 10 раз, а более концентрированные растворы – в 20 раз, однопроцентные растворы анализируют без разбавления. Опыт проводят при температуре 18 – 20 °С.

Вследствие высокой концентрации титрованного раствора дихромата калия измерение его в ходе опыта должно быть очень точным, так как ошибка в $0,1 \text{ см}^3$ дает отклонение в

крепости $\pm 0,2$ % об.

На точность результатов анализа дихроматно-йодометрическим методом влияют примеси этилового спирта, которые также окисляются дихроматом калия, но эти погрешности значительно ниже тех, которые имеют место при пикнометрических и ареометрических определениях спирта в низкоконцентрированных водно-спиртовых растворах.

При определении спирта в винах, ликерах, наливках, пиве, спиртованном соке, морсе и бражке их вначале перегоняют.

В качестве примера рассмотрим определение спирта дихроматно-йодометрическим методом в водно-спиртовом растворе с объемной долей этанола 1 %.

Реактивы. 0,5 моль/дм³ раствор дихромата калия; 0,1 моль/дм³ раствор тиосульфата натрия; серная кислота, х. ч., $d = 1,84$ г/см³; раствор крахмала с массовой долей 1 %; раствор йодида калия с массовой долей 10 %.

Проведение анализа. В коническую колбу вместимостью 500 см³ отмеряют из бюретки точно 10 см³ раствора K₂Cr₂O₇ и осторожно по стенке прибавляют 5 см³ серной кислоты. Когда колба остынет, в нее отбирают 5 см³ испытуемого раствора. Спустя 15 мин (этого времени достаточно для окисления спирта при комнатной температуре) к смеси добавляют 10 см³ раствора KI и колбу прикрывают часовым стеклом. Через 5 мин в колбу прибавляют 200 – 250 см³ дистиллированной воды и выделившийся йод титруют 0,1 моль/дм³ раствором тиосульфата натрия, прибавляя в конце титрования 2 – 3 см³ раствора крахмала. Титрование заканчивают при появлении голубовато-зеленой окраски раствора.

Пример. Определить количество спирта в водно-спиртовом растворе, если известно, что на титрование свободного йода израсходован 1 см³ 0,1 моль/дм³ раствора тиосульфата натрия. Исходный раствор разбавлен в 20 раз.

Количество спирта C определяют с учетом расхода 0,5 моль/дм³ [раствора дихромата калия на его окисление](#), эквивалента 0,5 моль/дм³ раствора дихромата калия по спирту, а также разбавления исходного продукта ($100 : 5 = 20$):

$$C = (a - b : 5) \cdot 0,0073 \cdot 20 = (10 - 1,0 : 5) \cdot 0,146 = 1,43,$$

где a – количество 0,5 моль/дм³ раствора дихромата калия, взятое на окисление спирта, см³; $b : 5$ – объем 0,5 моль/дм³ раствора тиосульфата натрия, израсходованное на титрование избытка дихромата калия, см³.

Контрольные вопросы

1. Каковы принципы объемного и массового определения концентрации этилового спирта в водно-спиртовых растворах?
2. Какова сущность физических и физико-химических методов определения концентрации этанола?

3. Каков принцип пикнометрического метода определения концентрации этилового спирта в водно-спиртовых растворах?
4. Каким образом применяют ареометрический метод определения концентрации этилового спирта в водно-спиртовых растворах?
5. В чем состоит устройство и принцип действия стеклянного спиртомера?
6. В каких случаях применяют рефрактометрический метод определения концентрации этилового спирта в водно-спиртовых растворах?
7. Каковы особенности интерферометрического метода определения концентрации этилового спирта в водно-спиртовых растворах?
8. Каковы устройство и принцип действия интерферометра ИТР-2?
9. С помощью какого прибора осуществляется газохроматографический метод определения концентрации этилового спирта в водно-спиртовых растворах?
10. В чем состоит сущность химических методов определения концентрации этилового спирта в водно-спиртовых растворах?