

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

**ТЕМА:** Алкоголеметрия. Свойства и особенности растворения спирта этилового. Работа с алкоголеметрическими таблицами ГФ XIV и ГОСТа.

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** Познакомиться со свойствами и особенностями растворения спирта этилового и научиться решать типовые задачи с использованием алкоголеметрических таблиц и формул.

### Вопросы для подготовки к занятию

1. Характеристика этилового спирта как растворителя и экстрагента.
2. Особенности растворения спирта в воде: явление контракции, теплота смешения.
3. Понятие о концентрации спирта этилового, способы её выражения.
4. Определение концентрации спирта этилового: А) ареометрический метод
  - с помощью стеклянного спиртомера
  - с помощью металлического спиртомера Б) пикнометрический метод
5. Нормативная документация, используемая в алкоголеметрии:
  - А) Алкоголеметрические таблицы ГФ XIV изд., область их применения
  - Б) Таблицы ГОСТа для определения содержания этилового спирта в водно-спиртовых растворах, область их применения.

### ЛИТЕРАТУРА для подготовки к занятиям:

1. Государственная фармакопея Российской Федерации / М-во здравоохранения. – 13-е изд. – М.: Изд-во «Науч. центр экспертизы средств медицинского применения», 2015.- Т.1.- 1470с.
2. Государственная фармакопея Российской Федерации / М-во здравоохранения. – 13-е изд. – М.: Изд-во «Науч. центр экспертизы средств медицинского применения», 2015.- Т.2.- 1004с.
3. Государственная фармакопея Российской Федерации / М-во здравоохранения. – 13-е изд. – М.: Изд-во «Науч. центр экспертизы средств медицинского применения», 2015.- Т.3.- 1294с.
4. Приказ Минпромторга России от 14.06.2013 N 916 «Об утверждении Правил организации производства и контроля качества лекарственных средств». – М., 2013.
5. Технология лекарственных форм: в 2-х т. / под ред. Т.С. Кондратьевой. - М.: Медицина, 1991.- Т.1.- С. 206-208.
6. Технология лекарственных форм: в 2-х т. / под ред. Л.А. Ивановой. - М.: Медицина, 1991.- Т.2.- С. 399-410.
7. Муравьев И.А.Технология лекарств / И.А. Муравьев.- М.: Медицина,1980.- Т.1.- С. 138-142
8. Алкоголиметрия: учебно-методическое пособие /сост.: Н.Г.Селезнев, А.Н.Николашкин, У.Н. Буханова; ГОУ ВПО РязГМУ Минздравсоцразвития России. – Рязань: РИО РязГМУ, 2011. – С. 4-9, 29-48
9. Руководство к лабораторным занятиям по заводской технологии лекарственных форм. Под ред. А.И. Тенцовой, М."Медицина", 1986, стр.85-92, 193-200.
10. Фармацевтическая технология: руководство к лабораторным занятиям: учеб. пособие / В.А. Быков, Н.Б. Демина, С.А. Скатков, М.Н. Анурова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – С. 164-167
11. Таблицы ГОСТа.

### Задание для внеаудиторной самостоятельной работы студентов

1. Проработать вопросы, выносимые на обсуждение
2. Познакомиться с алкоголеметрическими таблицами ГФ XIV изд. и ГОСТа.

3. Обратить внимание на расчеты по определению концентрации спирта этилового.
4. Обратить внимание на расчеты по разведению и укреплению спирта этилового.
5. Законспектировать фармакопейную статью ФС.2.1.0036.15 Спирт этиловый 95%, 96%.

### Краткий теоретический материал к теме.

Спирт этиловый является одним из распространенных растворителей и экстрагентов при изготовлении лекарств и фармацевтических препаратов. Спирт используется при изготовлении неводных растворов, суммарных очищенных и суммарных неочищенных препаратов, препаратов из свежего растительного сырья и сырья животного происхождения, является вспомогательным веществом при изготовлении различных лекарственных форм, применяется в качестве консерванта.

Этиловый спирт - бесцветная, прозрачная жидкость, легко подвижная с характерным запахом и жгучим вкусом. Легко воспламеняется, горит бледно-голубым пламенем, очень гигроскопичен.

Удельный вес = 0,809 - 0,813 г/см<sup>3</sup>

Температура кипения = 77 - 78,5°C

Температура воспламенения = 12°C

Этиловый спирт является прекрасным растворителем для большой группы лекарственных веществ, эфирных масел, органических кислот, смол, йода, легко смешивается с другими растворителями: глицерином, диэтиловым эфиром, хлороформом. Спирт очень гигроскопичен, поэтому 100% спирта мы в производстве не имеем, а используем 96%спирт с температурой кипения 77 - 78,5°C.

Спирт смешивается с водой во всех соотношениях. При этом выделяется тепло и температура смеси повышается. Количество выделяемого тепла зависит от соотношения воды и спирта. Теплота, выделяемая при получении 1 кг водно-спиртовой смеси, называется теплотой смешения. Наибольшая теплота выделяется при изготовлении 30% спирта. Наряду с выделением тепла при смешивании спирта с водой наблюдается явление контракции - уменьшение объема смеси по сравнению с арифметической суммой объемов спирта и воды. Максимальная степень сжатия водно-спиртовой смеси наблюдается при получении 54-56%спирта. В связи с этим, при получении водно-спиртовых растворов необходимой концентрации следует каждый раз производить предварительные расчеты по соответствующим формулам или с применением специальных таблиц. *Имеется специальная таблица, в которой указано содержание спирта и воды в 100 л водно-спиртовой смеси при 20°C, указана величина сжатия в литрах (таблица Фермана).*

Пример 1. Необходимо приготовить 100 л 50%спирта. Сколько нужно взять спирта и воды ?

Ответ: Нужно взять 50 л абсолютного спирта и 53,650 л воды. Сжатие составит 3,65 л.

Пример 2. Необходимо приготовить 100 л 70% спирта. Сколько нужно взять спирта и воды ?

Ответ: Нужно взять 70 л абсолютного спирта и 33,360 л воды. Сжатие составит 3,36 л.

Пример 3. Необходимо приготовить 50 л 90% спирта. Сколько нужно взять спирта и воды ? Студенты решают самостоятельно.

Пример 4. Необходимо приготовить 25 л 40% спирта. Сколько нужно взять спирта и воды? Студенты решают самостоятельно.

Этиловый спирт - официальный, фармакопейный препарат, отвечающий требованиям ГФ XIV. Официальными концентрациями спирта являются:

1. 95° - 0,812-0,808 содержит 95-96% (об)
2. 90° - 0,830-0,826 содержит 90-91% (об)
3. 70° - 0,883-0,886 содержит 70-71% (об)
4. 40° - 0,949-0,947 содержит 39,5-40% (об)

*Крепостью водно-спиртового раствора (этилового спирта)* называется процентное содержание безводного (абсолютного) этанола в данном растворе.

Крепость спирта выражается:

1. В весовых % (% по массе). Процент по массе (% m) показывает массу (в г) безводного, абсолютного, 100% спирта в 100 г спиртового раствора.

2. В объемных процентах %. Объемный процент показывает объемное (в мл) содержание безводного, абсолютного 100% спирта в 100 мл спиртового раствора при 20°C, поскольку объем водно-спиртовых растворов изменяется в зависимости от температуры. Объемный процент спирта равнозначен градусу спирта.

Перевод объемных процентов в проценты по массе, не совпадающих по своей абсолютной величине и обратно осуществляют с помощью алкоголеметрических таблиц ГФ XIV, где во втором и третьем столбцах указаны соответствующие значения концентрации спирта по массе и по объему. Таблицы ГФ XIV показывают соотношение между плотностью водно-спиртового раствора и содержанием безводного спирта в растворе.

Пример 5. Крепость водно-спиртового раствора 51% (по массе). Перевести в объемные проценты (градусы).

В табл.1 в графе второй находим 51% (по массе). Этому значению соответствует 58,90% (по объему) - графа третья.

Пример 6. Крепость водно-спиртового раствора 73,03% (по массе). Перевести в объемные проценты (градусы). Студенты решают самостоятельно.

Пример 7. Найти процент по массе для 78° спирта. Студенты решают самостоятельно.

Пример 8. Найти процент по массе для 90,02° спирта. Студенты решают самостоятельно.

Пример 9. Найти процент по массе для 40° спирта.

Выписываем из таблицы два значения концентрации спирта по массе для ближайших значений концентрации спирта по объему.

Составляем вспомогательную таблицу по форме:

Крепость спирта по объему, %	Крепость спирта по массе, %(m)
39,91	33,22
40,04	33,33
40,04-39,91	33,33-33,22

Составляем пропорцию:

$$40,04-39,91 = 33,33-33,22, \text{ откуда}$$

$$40,04-40,00 \text{ x}$$

$$x = 0,04 \times 0,11/0,13 = 0,034 \text{ (поправка)}$$

Искомое значение концентрации спирта по массе с учетом поправки равно  $33,33-0,034=33,296\%(m)$

В таблице 1 ГФ XIV указаны также соотношения между плотностью и крепостью в процентах по массе и по объему. При нахождении весовых и объемных процентов по плотности необходимо помнить, что с понижением плотности концентрация спирта повышается.

Пример 10: Найти объемный и весовой процент спирта с плотностью 0,9398.

Ответ: Весовой процент - 37,68%, объемный процент - 44,86%

Пример 11: Найти объемный и весовой процент спирта с плотностью 0,8585.

Выписываем из таблицы два ближайших значения плотности и

соответствующие им значения концентрации спирта в процентах по массе и по объему. Составляем вспомогательную таблицу по форме:

Плотность	Концентрация спирта по массе, %(m)	Концентрация спирта по объему, %
0,8584	73,86	80,26
0,8586	73,78	80,33
0,8586-0,8584	73,86-73,78	80,33-80,26

Составляем пропорции:

$$0,8586-0,8584 = 73,86-73,78$$

$$0,8586-0,8585 \times x_1$$

$$0,8586-0,8584 = 80,33-80,26, \text{ откуда}$$

$$0,8586-0,8585 \times x_2$$

$$x_1 = 0,0001 \times 0,08 / 0,0002 = 0,04 \text{ (поправка)}$$

$$x_2 = 0,0001 \times 0,07 / 0,0002 = 0,035 \text{ (поправка)}$$

Искомое значение концентрации спирта по массе с учетом поправки  $x_1$  равно:

$$73,86 - 0,04 = 73,82\% (m)$$

Искомое значение концентрации спирта по объему с учетом поправки  $x_2$  равно:

$$80,33 - 0,035 = 80,295\%$$

Ответ: Весовой % - 73,82%, объемный % - 80,295%

Объемную и весовую концентрацию спирта связывает уравнение:

$$C_v \times \rho_{\text{безв}} = C_m \times \rho_{\text{раствора}}, \text{ где (1)}$$

$C_v$  - концентрация спирта по объему

$C_m$  - концентрация спирта по массе

$\rho_{\text{безв}}$  - плотность безводного спирта при +20°C (**0,78927**)

$\rho_{\text{раствора}}$  - плотность данного спиртового раствора при температуре +20°C.

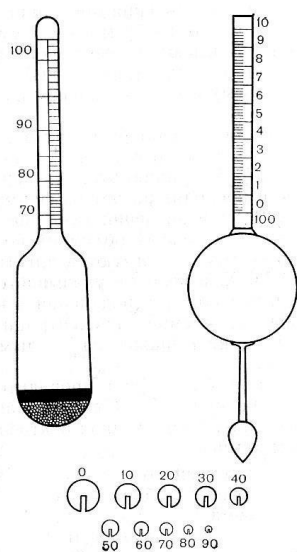
Пример 12. Крепость водно-спиртового раствора 51% по массе. Необходимо перевести в объемные проценты.

Плотность данного спиртового раствора найдем в табл.1 Плотность 51% спирта равна 0,9116. Подставляем значение в формулу:

$$C_v = 51(0,9116/0,78927)=58,90\% \text{ по объему.}$$

*Крепость спирта можно определить по:*

- 1) температуре кипения (ГФ XI стр. 27)
- 2) показателю преломления (рефрактометрически)
- 3) с помощью ареометра (ГФ X, стр.773)
- 4) с помощью спиртомера стеклянного и металлического (рис. 1)
- 5) пикнометрическим методом



а

б

Рис. 1. Приборы для определения концентрации этанола:

а - стеклянный спиртомер, б - металлический спиртомер

При определении крепости спирта *по плотности* необходимо одновременно определять температуру спиртового раствора. Если она равна +20°C, то определение концентрации спирта осуществляют по алкоголеметрической таблице 1 ГФ XIV изд. В первом столбце таблицы приведены значения плотности спиртовых растворов различной концентрации при +20°C.

Ареометры градуированы при +20°C и дают показания плотности  $\rho_{20/4}$  относительно плотности воды при +4°C. Если температура измеряемого раствора в момент отсчета не равна +20° С, то значение  $\rho_{20/4}$  можно найти по формуле (2):

$$\rho_{20/4} = \rho_{t/4} + \alpha(t-20) \quad (2)$$

а затем уже пользоваться таблицей 1 ГФ XIV изд.

$\alpha$  - коэффициент, показывающий изменение плотности при изменении температуры на 1 градус.

$\rho_{t/4}$  - показания ареометра при температуре отсчета.

Значения  $\alpha$  меняются в зависимости от показаний ареометра.

(см. табл 1)

Таблица N1

Показания ареометра при -t°C	$\alpha$	Показания ареометра при -t°C	$\alpha$	Показания ареометра при -t°C	$\alpha$
0,7900	0,00086	0,8600	0,00084	0,9300	0,00075
0,8000	0,00086	0,8700	0,00083	0,9400	0,00072
0,8100	0,00085	0,8800	0,00082	0,9500	0,00066
0,8200	0,00085	0,8900	0,00081	0,9600	0,00055
0,8300	0,00085	0,9000	0,00080	0,9700	0,00040
0,8400	0,00085	0,9100	0,00079	0,9800	0,00027
0,8500	0,00084	0,9200	0,00077	0,9900	0,00020

Пример 13. Плотность водно-спиртового раствора при температуре +25°C равна 0,79000. Найти значение плотности данного раствора при температуре +20°C.

Находим в таблице 1 значение  $\alpha$  для плотности 0,79000. Оно равно 0,00086. Подставляем числовое значение  $\alpha$  в формулу 1:

$$\rho_{20/4} = 0,7900 + 0,00086 \times (25 - 20) = 0,7943$$

Ответ: Значение плотности данного водно-спиртового раствора при +20°C равно 0,7943.

Если температура спиртового раствора не равна 20°C и находится в пределах от +40 до -25°C, для определения концентрации спирта можно использовать "Таблицы для определения содержания этилового спирта в водно-спиртовых растворах", издаваемые Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов (таблицы ГОСТа).

Для определения концентрации спирта по массе используют таблицу N1 ГОСТа. Таблица 1 выражает зависимость между содержанием спирта в растворе в процентах (по массе), температурой и плотностью водно-спиртового раствора. В первой и последней графах таблицы указаны значения температуры раствора через интервал 1 градус в пределах от плюс 40 до минус 25°C. В остальных графах таблицы приведены плотности растворов для соответствующих значений содержания спирта в растворе в процентах (по массе). При помощи таблицы N1 ГОСТа можно решить и другую задачу - определить плотность спиртового раствора, зная его температуру и концентрацию по массе.

Пример 14. Определить плотность водно-спиртового раствора, содержащего 96% спирта по массе, находящегося при температуре +17°C.

Ответ. В таблице 1 ГОСТа находим на месте пересечения графы 96% и строки +17°C искомое значение плотности раствора. Оно равно 0,80391.

Пример 15. Определить плотность водно-спиртового раствора, содержащего 70% спирта по массе, находящегося при температуре +5°C. Студенты решают самостоятельно.

Таблица N 2 ГОСТа выражает зависимость между объемным содержанием спирта в растворе, температурой и плотностью водно-спиртового раствора. В первой и последней графах таблицы указаны значения температуры раствора через интервал 1 градус от +40 до -25°C. В остальных графах таблицы приведены плотности растворов для соответствующих значений объемного содержания спирта в процентах.

При помощи таблицы N 2 ГОСТа можно решить и другую задачу - определить плотность спиртового раствора, зная его температуру и концентрацию по объему.

Пример 16. Определить плотность водно-спиртового раствора с объемным содержанием спирта 70%, находящегося при температуре +15°C. Студенты решают самостоятельно.

Пример 17. Определить плотность водно-спиртового раствора с объемным содержанием спирта 94%, находящегося при температуре -13°C. Студенты решают самостоятельно.

*При использовании спиртомеров* определяют непосредственно объемную концентрацию спирта. Чаще всего с этой целью применяют стеклянный спиртомер. Он представляет собой ареометр, градуированный по объемной концентрации спирта при 20°C. (рис.1а) Концентрация этанола стеклянными спиртомерами класса 0,5 определяется с точностью до 0,5%. Комплект состоит из двух или трех спиртомеров (0-60%, 60-100% или 0-40%, 40-70%, 70-100%). В случае, если температура спиртового раствора в момент измерения не равна 20°C, концентрацию спирта определяют с помощью таблицы 3 ГОСТа. Таблица 3 выражает зависимость между показаниями стеклянного спиртомера,



температурой раствора и объемным содержанием спирта. В первой и последней графах таблицы указаны значения температуры раствора через интервал 1 градус в пределах от плюс 40 до минус 25°C. В остальных графах таблицы приведено объемное содержание спирта для соответствующих показаний стеклянного спиртомера.

Пример 18. Определить объемное содержание спирта в растворе при 20°C, если при температуре +5°C показания стеклянного спиртомера 83,5%.

По таблице 3 на пересечении графы 83,5% и строки плюс 5°C находят, что искомое содержание спирта в растворе равно 87,64%.

Пример 19. Показания стеклянного спиртомера при температуре +29°C равно 92% . Найти чему равна крепость спирта при 20°C. Студенты решают самостоятельно.

Пример 20. Показания стеклянного спиртомера при температуре +21°C равно 50%. Найти чему равна крепость спирта при 20°C. Студенты решают самостоятельно.

Точнее концентрация спирта может быть определена с помощью *металлического спиртомера* (рис.16). Показания металлического спиртомера являются условными и складываются из показаний гирьки и шкалы. Металлический спиртомер снабжен комплектом из 10 гирек: 0,10; 20; 30; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 условных единиц. Шкала разделена на 10 больших делений, каждое из которых делится на 5 малых. Цена большого деления - 1, малого - 0,2. При погружении спиртомера без гирьки к показаниям шкалы прибавляют 100. Точность определения 0,1. Концентрация этанола в объемных процентах определяется с помощью таблицы IV ГОСТа. Таблица IV ГОСТа выражает зависимость между показаниями металлического спиртомера, температурой вводно-спиртового раствора и объемным содержанием спирта в растворе в процентах. В первой и последней графах таблицы указаны значения температуры раствора через интервал 0,5 градуса от плюс 40 до минус 25°C. В остальных графах таблицы приведено объемное содержание спирта в процентах для соответствующих показаний металлического спиртомера.

Пример 21. Определить объемное содержание спирта в растворе, если при температуре минус 15,5°C показания металлического спиртомера равно 87,2.

По таблице IV на пересечении графы 87,2 и строки минус 15,5 находят, что искомое содержание спирта в растворе равно 96,6%.

Более точные определения плотности растворов (0,001) проводят с помощью *пикнометра* при 20 °C, по полученным данным рассчитывают плотность при 20 °C (с учетом плотности воздуха при нормальном барометрическом давлении) и находят концентрацию этанола по Таблице №2 ГОСТа или алкоголетметрической таблице 1 ГФ XIV.

Пикнометр и необходимое стеклянное оборудование должны быть подготовлены (тщательно обмыты чистым этиловым спиртом концентрацией не ниже 95 % спирта (по объему); стеклянный цилиндр должен быть вымыт хромовой смесью, ополоснут теплой водой очищенной, а затем водно-спиртовым раствором). После подготовки пикнометр промывают водой очищенной, высушивают в сушильном шкафу при температуре 100-105°C не менее 1 ч, вынимают из сушильного шкафа, закрывают пробкой, выдерживают при комнатной температуре в течение 30 мин и взвешивают. Повторяют высушивание, затем снова помещают в сушильный шкаф с выдержкой в нем при той же температуре не менее 30 мин.; снова выдерживают в помещении не менее 30 мин и взвешивают. Разность между результатами двух взвешиваний не должна превышать 0,3 мг. Если указанное условие не соблюдается, то высушивание следует повторить.

За массу гирь, уравновешивающих пикнометр в воздухе, принимают среднее арифметическое результатов двух взвешиваний (m1).

*Операция 1.* Пикнометр заполняют бидистиллированной водой до риски на его шейке, закрывают пробкой, помещают в стакан с водой так, чтобы вода покрывала заполненную часть пикнометра, и опускают стакан в термостат. Пикнометр выдерживают в термостате при температуре

(20,00±0,05) °С в течение 30 мин. Температуру воды контролируют термометром с ценой деления 0,01°С, опущенным в стакан, в котором расположен пикнометр.

*Операция 2.* Пикнометр вынимают из термостата, доводят с помощью пипетки и фильтровальной бумаги уровень воды в нем до риски (по нижнему краю мениска). Внутреннюю поверхность пикнометра выше риски (незаполненную водой) тщательно вытирают фильтровальной бумагой, не касаясь воды в пикнометре. Затем пикнометр с закрытой пробкой оставляют в термостате на 10-15 мин. Если уровень воды в пикнометре установился на риске, пикнометр вынимают из термостата, вытирают снаружи досуха полотенцем и оставляют в витрине весов на 30 мин. После этого пикнометр взвешивают. Опыт повторяют не менее пяти раз. За массу гирь, уравнивающих пикнометр с водой, принимают среднее арифметическое результатов всех взвешиваний ( $m_2$ ).

Массы гирь, уравнивающих «пустой» пикнометр и пикнометр с водой, определяют для пикнометра один раз в полгода.

### **Проведение измерений.**

Воду выливают из пикнометра, прополаскивают его этиловым ректифицированным спиртом, затем контролируемым водно-спиртовым раствором и наполняют им пикнометр до риски. Выполняют операции 1 и 2

для пикнометра заполненного водно-спиртовым раствором и взвешивают его дважды. За массу гирь, уравнивающих пикнометр с водно-спиртовым раствором, принимают среднее арифметическое из двух взвешиваний ( $m_3$ ).

После проведения измерений из пикнометра выливают водно-спиртовой раствор, пикнометр промывают, высушивают, закрывают пробкой и хранят в специальном футляре.

### **Обработка результатов.**

Плотность водно-спиртового раствора ( $\rho^{(20)}$ ) при 20 °С, г/см<sup>3</sup> вычисляют по формуле:

$$\rho^{(20)} = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} \times (\rho_{H_2O}^{(20)} - \rho) + \rho$$

где  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  - массы гирь, уравнивающих соответственно «пустой» пикнометр, пикнометр с водой и пикнометр с водно-спиртовым раствором, г;

$\rho_{H_2O}^{(20)}$  – плотность воды при 20 °С и нормальном давлении ( $\rho_{H_2O}^{(20)} = 0,99823$  г/см<sup>3</sup>);

$\rho$  – плотность воздуха ( $\rho = 0,0012$  г/см<sup>3</sup>).

Исходя из значения  $\rho^{(20)}$  определяют концентрацию спирта в водно-спиртовом растворе, используя таблицу №2 ГОСТа.

*Задача.* Плотность водно-спиртового раствора, измеренная пикнометрическим способом при 20°С, равна 0,86047 г/см<sup>3</sup>. Определить концентрацию спирта в процентах (по объему).

*Решение.* По таблице №2 ГОСТа на строке температуры 20 °С находят два числа 0,85932 и 0,86207 г/см<sup>3</sup>, между которыми располагается число 0,86047 г/см<sup>3</sup>

Числу 0,85932 г/см<sup>3</sup> отвечает концентрация 80%, а числу 0,86207 г/см<sup>3</sup> – концентрация 79% спирта (по объему).

Искомую концентрацию С, отвечающую числу 0,86047 г/см<sup>3</sup>, определяют из пропорции:

$$\frac{(0,86207 - 0,85932)}{(79 - 80)} = \frac{(0,86207 - 0,86047)}{(79 - C)}$$

Откуда: С = 79,58% спирта (по объему).

Определение объема безводного спирта при температуре 20 С в литрах, содержащегося в данном объеме водно-спиртового раствора, взятом при различной температуре осуществляют по 5 таблице ГОСТа. Таблица 5 ГОСТа выражает зависимость между объемным содержанием спирта в растворе в процентах, температурой раствора и множителем для определения объема безводного спирта, приведенного к температуре 20 С, содержащегося

в данном объеме водно-спиртового раствора. В первой и последней графах таблицы указаны значения температуры раствора через интервал 1 градус от плюс 40 С до минус 25 С. В остальных графах таблицы приведены множители для соответствующего объемного содержания спирта в растворе. Для вычисления объема безводного спирта при температуре 20 С, содержащегося в данном объеме водно-спиртового раствора, необходимо объем водно-спиртового раствора умножить на найденный по таблице множитель.

**Пример 1.** Определить множитель для нахождения объема безводного спирта при температуре плюс 20 С в водно-спиртовом растворе, если данный раствор находится при температуре плюс 31 С и объемное содержание спирта равно 67 %.

По таблице 5 на пересечении графы 67 % объемного содержания спирта и строки плюс 31 С, находят, что искомый множитель равен 0,6631.

**Пример 2.** Определить множитель для нахождения объема безводного спирта при температуре плюс 20 С в водно-спиртовом растворе, если данный раствор находится при температуре плюс 17,8 С, а объемное содержание спирта равно 85,98 % ? Студенты решают самостоятельно.

**Пример 3.** На складе имеется 500 литров 90 % по объему спирта, который хранится при температуре плюс 10 С. Какое количество безводного спирта имеет склад ? Студенты решают самостоятельно.

**Пример 4.** На склад поступило 700 литров 95 % по объему спирта. Объем и крепость спирта определены при температуре плюс 13 С. Сколько литров безводного спирта получено складом ? Студенты решают самостоятельно.

**Таблица 5** ГОСТа выражает зависимость между объемным содержанием спирта в растворе и объемом безводного спирта в литрах при 20 С, приходящегося на 1 кг раствора

при взвешивании в воздухе. Эта таблица является аналогичной 5-ому столбцу таблицы 1 ГФ XIV изд., с той лишь разницей, что с помощью последней находят объемное содержание безводного спирта в 100 г спиртового раствора.

**Пример 6.** Определить объем безводного спирта при 20 С в 1 кг водно-спиртового раствора с объемным содержанием спирта 55,9 %. На пересечении графы 55 и 9 (десятые) находим искомый объем безводного спирта. Он равен 0,6096 литров.

**Пример 7.** Аптеке отпущено 200 кг 75 % спирта, крепость которого измерена стеклянным спиртомером при температуре плюс 12 С. Сколько литров безводного спирта отпущено аптеке? Студенты решают самостоятельно.

**Пример 8.** Определить объем безводного спирта при 20 С в 65 кг 95 % спирта, крепость которого измерена при плюс 17 С. Студенты решают самостоятельно.

Учет спирта на химико-фармацевтических предприятиях ведется по массе 96 % или 95 % этанола. В связи с этим количество полученного и израсходованного этанола пересчитывают на 96 % этанол.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

**Алкоголетрическая таблица №1**

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Плотность $P_{20}$	Содержание безводного спирта в вводно-спиртовом растворе				Плотность $P_{20}$	Содержание безводного спирта в вводно-спиртовом растворе			
	В процентах		граммов в 100мл при 20°	мл в 100г при взвешивании в воздухе		В процентах		граммов в 100мл при 20°	мл в 100г при взвешивании в воздухе
	по массе	по объему				по массе	по объему		
<b>0,99823</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,9308</b>	42,13	49,69	39,22	53,45
80	12	16	13	16	6	23	79	30	56
<b>0,9978</b>	23	29	23	29	4	33	89	38	68
6	34	43	34	43	2	42	99	46	80
4	44	56	44	56	0	52	50,10	54	93
2	55	70	55	70	<b>0,9298</b>	42,61	50,20	39,62	54,05
0	66	83	66	83	6	71	30	70	17
<b>0,9738</b>	16,05	19,81	15,64	20,36	4	80	40	78	29
6	21	20,00	79	56	2	90	50	86	41
4	37	19	94	76	0	43,00	60	94	53
2	52	37	16,08	20,95	<b>0,9128</b>	50,46	58,35	46,05	64,00
0	68	56	23	21,15	6	55	44	12	11
<b>0,9488</b>	32,89	39,53	31,20	41,71	4	64	54	20	23
6	33,00	66	30	86	2	73	63	27	35
4	11	78	40	99	0	82	72	35	46
2	22	91	50	42,14	<b>0,9118</b>	50,91	58,81	46,42	64,57
0	33	40,04	60	28	6	51,00	90	49	68
<b>0,9478</b>	44	16	70	42	4	09	99	56	80
<b>0,9118</b>	50,91	58,81	46,42	64,57	<b>0,8298</b>	85,45	89,83	70,90	108,39
2	51,18	59,08	63	91	4	61	96	71,00	61
0	27	17	70	65,02	2	68	90,02	05	70
<b>0,9098</b>	51,80	59,71	47,13	65,70	0	76	08	10	81
6	89	80	20	82	<b>0,8118</b>	92,27	94,91	74,91	117,07
4	98	89	27	93	6	35	96	95	16
2	52,07	98	34	66,05	4	42	95,01	99	25
<b>0,9090</b>	52,16	60,07	47,41	66,16	2	49	06	75,03	34
<b>0,8888</b>	60,98	68,67	54,20	77,36	0	56	11	07	43
6	61,07	75	26	47	<b>0,8078</b>	93,72	95,92	75,71	118,91
4	15	83	33	57	6	79	97	75	119,00
2	24	91	39	68	4	86	96,02	79	09
0	33	69,00	46	80	2	94	07	83	18
<b>0,8878</b>	61,41	69,08	54,52	77,91	0	94,01	12	86	27
<b>0,8858</b>	62,27	69,88	55,15	78,99	<b>0,8068</b>	94,08	96,16	75,90	119,35
6	36	96	22	79,10	6	15	21	94	44
4	44	70,05	29	21	4	22	26	98	53
2	53	12	34	31	2	29	31	76,02	63
0	61	20	41	42	0	36	36	05	72
<b>0,8598</b>	73,28	79,83	63,01	92,96	<b>0,8058</b>	94,43	96,41	76,09	119,81
6	36	90	06	93,06	6	50	45	13	89
4	45	97	12	16	4	57	50	16	98
2	53	80,04	17	27	2	65	55	20	120,08
0	61	11	23	37	0	72	60	24	17
<b>0,8298</b>	85,45	89,83	70,90	108,39	<b>0,8048</b>	94,79	96,65	76,28	120,26
6	53	90	96	51	6	86	70	32	35







### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

#### Алколометрическая таблица №3

#### ТАБЛИЦА ФЕРТМАНА

Крепость развод.спир та, %	Желаемая крепость разведенного спирта												
	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	65 %	70 %	75 %	80 %	85 %	90 %
<b>35</b>	167												
<b>40</b>	335	144											
<b>45</b>	505	290	127										
<b>50</b>	674	436	255	114									
<b>55</b>	845	583	384	229	103								
<b>60</b>	1017	730	514	344	207	95							
<b>65</b>	1189	878	644	460	311	190	88						
<b>70</b>	1360	1027	774	577	417	285	175	81					
<b>75</b>	1535	1177	906	694	523	382	264	163	76				
<b>80</b>	1709	1327	1039	812	630	480	353	246	153	72			
<b>85</b>	1884	1478	1172	932	738	578	443	329	231	144	68		
<b>90</b>	2061	1630	1306	1052	847	677	535	414	310	218	138	65	
<b>95</b>	2239	1785	1443	1174	957	779	629	501	391	295	209	133	64

Цифра в месте пересечения горизонтальной и вертикальной строк указывает объем воды при 20<sup>0</sup>С, который следует прилить к 1000 объемам спирта имеющейся крепости, для получения разведения.



Таблица 5

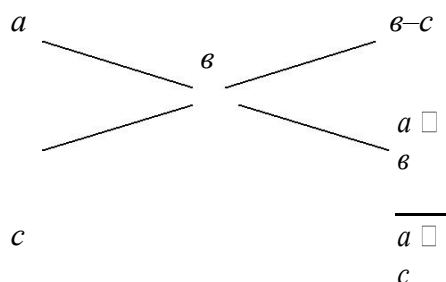
**Величина сжатия объема жидкости при смешивании спирта  
с водой при температуре 20 °С**

Содержание в 100 л смеси, л		Содержание смеси, л	Содержание в 100 л смеси, л		Содержание смеси, л
спирта	воды		спирта	воды	
0	100,00	0,000	51	52,662	3,662
1	99,060	0,060	52	51,670	3,670
2	98,123	0,123	53	50,676	3,676
3	97,189	0,189	54	49,679	3,679
4	96,257	0,257	55	48,679	3,679
5	95,328	0,328	56	47,679	3,679
6	94,405	0,405	57	46,670	3,670
7	93,485	0,485	58	45,661	3,661
8	92,568	0,568	59	44,650	3,650
9	91,654	0,654	60	43,637	3,637
10	90,744	0,744	61	42,620	3,620
11	89,833	0,833	62	41,601	3,601
12	88,925	0,925	63	40,579	3,579
13	88,018	1,018	64	39,555	3,555
14	87,114	1,114	65	38,529	3,529
15	86,210	1,210	66	37,500	3,500
16	85,808	1,308	67	36,469	3,469
17	84,409	1,409	68	35,436	3,436
18	83,511	1,511	69	34,399	3,399
19	82,615	1,615	70	33,360	3,360
20	81,719	1,719	71	32,320	3,320
21	80,821	1,821	72	31,278	3,278
22	79,923	1,923	73	30,233	3,233
23	79,022	2,022	74	29,183	3,183
24	78,120	2,120	75	28,132	3,123
25	77,217	2,217	76	27,079	3,079
26	76,312	2,312	77	26,022	3,022
27	75,406	2,406	78	24,961	2,961
28	74,409	2,499	79	23,897	2,897
29	73,587	2,587	80	22,830	2,830
30	72,674	2,674	81	21,760	2,760
31	71,759	2,759	82	20,687	2,687
32	70,841	2,841	83	19,608	2,608
33	69,917	2,917	84	18,525	2,525
34	68,991	2,991	85	17,437	2,437
35	68,059	3,059	86	16,345	2,345
36	67,124	3,124	87	15,247	2,247
37	66,185	3,185	88	14,143	2,143
38	65,242	3,242	89	13,032	2,032
39	64,295	3,295	90	11,912	1,912
40	63,347	3,347	91	10,786	1,786
41	62,395	3,395	92	9,651	1,651
42	61,439	3,439	93	8,506	1,506
43	60,476	3,476	94	7,348	1,348
44	59,511	3,511	95	6,173	1,173
45	58,542	3,542	96	4,985	0,985
46	57,570	3,570	97	3,780	0,780
47	56,496	3,496	98	2,552	0,552
48	55,617	3,617	99	1,293	0,293
49	54,635	3,635	100	0,000	0,000
50	53,650	3,650			

## Приложение 5

**Разведение водно-спиртовых растворов** необходимо проводить по правилу смешивания: по объему и по массе. При этом концентрация должна быть выражена соответственно в объемных процентах или в процентах по массе.

Расчет по объему ведется по правилу смешивания «по принципу звездочки»:



где:  $a$  – концентрация крепкого спирта;

$v$  – необходимая концентрация;

$c$  – концентрация слабого спирта;

$v-c$  – количество крепкого раствора;

$a-v$  – количество растворителя;

$a-c$  – количество раствора необходимой концентрации.

Слева сверху записывают концентрацию крепкого спирта ( $a$ ); слева внизу – концентрацию слабого спирта ( $c$ ). В центре записывается необходимая концентрация ( $v$ ). Цифры справа получают вычитанием по диагонали – от большего меньшее. Они показывают соответствующее количество (по горизонтали) крепкого раствора ( $v-c$ ) и растворителя ( $a-v$ ). При прибавлении этих величин получают количество раствора ( $a-c$ ) необходимой концентрации.

### 1. Разбавление по объёму.

Если разбавление производят водой, расчёты делают по формуле:

$$X = V \frac{b}{a}, (1)$$

где  $X$  – объём крепкого спирта (мл);

$V$  – объём спирта желаемой крепости (мл);

$b$  – концентрация спирта желаемой крепости, % (v);

$a$  – концентрация крепкого спирта, % (v);

Если разбавление крепкого спирта производят спиртом более низкой концентрации, расчёты производят по формуле:

$$X = \frac{b-c}{a-c}, (2)$$

где  $c$  – концентрация слабого спирта, % (v)

Так как объём зависит от температуры, измерение жидкостей проводят при стандартной температуре ( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ).

## 2. Разбавление по массе.

Если разбавление производят водой, расчёты делают по формуле:

$$X = P \frac{b}{a}, (3)$$

где  $X$  – масса крепкого спирта (г);

$P$  – масса спирта желаемой крепости (г);

$b$  – концентрация спирта желаемой крепости, % (m);

$a$  – концентрация крепкого спирта, % (m).

Если разбавление крепкого спирта производят спиртом более низкой концентрации, расчёты делают по формуле:

$$X = P \frac{b-c}{a-c}, (4)$$

9

где  $c$  – концентрация слабого спирта, % (m).

## Как разбавить спирт водой



Для разбавления спирта водой, лучшей считается вода с жесткостью ниже 1 °Ж - мягкая вода (1 °Ж = 1 мг-экв/л). Один °Ж соответствует содержанию в литре воды 20,04 миллиграмм Са (кальций) или 12,16 миллиграмм Mg (магний).

При использовании для разбавления спирта жесткой воды, раствор будет мутнеть, а также ухудшатся вкусовые качества.

Лучшей водой для разбавления спирта является бутилированная вода. Если будет использоваться вода из водопровода, то она должна быть отстояна и прокипячена.

При **сортировке** (смешивание спирта с водой) происходит нагрев смеси, при котором освобождаются все токсины и другие вредные вещества. Также происходит процесс **контракции** - сжатие жидкости, т.е. на выходе общий объем жидкости будет чуть меньше, чем до смешивания. Перед смешиванием спирт и воду рекомендуется охладить. Что во что вливать, спирт в воду или воду в спирт, разницы особой нет, но обычно вливается растворяемое вещество в воду.

После смешивания, раствор должен отстояться не менее 2-х дней.

*Для определения соотношения воды и спирта, можно воспользоваться формулой:*

$$V_{\text{воды. мл.}} = (K_{\text{исх. \%}} / K_{\text{треб. \%}} \times V_{\text{исх. мл.}}) - V_{\text{исх. мл.}},$$

где:

$V_{\text{воды. мл.}}$  - объем добавляемой воды к спирту в мл.;

$K_{\text{исх. \%}}$  - исходная концентрация спирта в %;

$K_{\text{треб. \%}}$  - требуемая концентрация напитка в %;

$V_{\text{исх. мл.}}$  - объем исходной концентрации спирта в мл.

Например есть **80 %** спирт объемом **1000 мл.**, нужно его развести до **45%**. Значит  $(80 / 45 \times 1000) - 1000 = 778$  **мл. воды необходимо добавить к 1000 мл. 80% спирта.**

Для получения напитка с высокой точностью концентрации спирта, необходимо воспользоваться таблицей Фертмана Г.И., а еще лучше расчетом и

таблицей величин сжатия объема жидкости при смешивании спирта с водой при температуре 20 °С, см. ниже **Таблица 1**.

**Таблица 6**

**Величина сжатия объема жидкости при смешивании спирта с водой при температуре 20 °С**

Содержание в 100 л смеси, л		Содержание смеси, л	Содержание в 100 л смеси, л		Содержание смеси, л
спирта	воды		спирта	воды	
0	100,00	0,000	51	52,662	3,662
1	99,060	0,060	52	51,670	3,670
2	98,123	0,123	53	50,676	3,676
3	97,189	0,189	54	49,679	3,679
4	96,257	0,257	55	48,679	3,679
5	95,328	0,328	56	47,679	3,679
6	94,405	0,405	57	46,670	3,670
7	93,485	0,485	58	45,661	3,661
8	92,568	0,568	59	44,650	3,650
9	91,654	0,654	60	43,637	3,637
10	90,744	0,744	61	42,620	3,620
11	89,833	0,833	62	41,601	6,601
12	88,925	0,925	63	40,579	6,579
13	88,018	1,018	64	39,555	3,555
14	87,114	1,114	65	38,529	3,529
15	86,210	1,210	66	37,500	3,500
16	85,808	1,308	67	36,469	3,469
17	84,409	1,409	68	35,436	3,436
18	83,511	1,511	69	34,399	3,399
19	82,615	1,615	70	33,360	3,360
20	81,719	1,719	71	32,320	3,320
21	80,821	1,821	72	31,278	3,278
22	79,923	1,923	73	30,233	3,233
23	79,022	2,022	74	29,183	3,183
24	78,120	2,120	75	28,132	3,123
25	77,217	2,217	76	27,079	3,079
26	76,312	2,312	77	26,022	3,022
27	75,406	2,406	78	24,961	2,961
28	74,409	2,499	79	23,897	2,897
29	73,587	2,587	80	22,830	2,830
30	72,674	2,674	81	21,760	2,760
31	71,759	2,759	82	20,687	2,687
32	70,841	2,841	83	19,608	2,608
33	69,917	2,917	84	18,525	2,525
34	68,991	2,991	85	17,437	2,437
35	68,059	3,059	86	16,345	2,345
36	67,124	3,124	87	15,247	2,247
37	66,185	3,185	88	14,143	2,143
38	65,242	3,242	89	13,032	2,032
39	64,295	3,295	90	11,912	1,912
40	63,347	3,347	91	10,786	1,786
41	62,395	3,395	92	9,651	1,651
42	61,439	3,439	93	8,506	1,506
43	60,476	3,476	94	7,348	1,348
44	59,511	3,511	95	6,173	1,173
45	58,542	3,542	96	4,985	0,985
46	57,570	3,570	97	3,780	0,780
47	56,496	3,496	98	2,552	0,552
48	55,617	3,617	99	1,293	0,293
49	54,635	3,635	100	0,000	0,000
50	53,650	3,650			

Например:

**Требуется напиток крепостью 45% в объеме 1 л. из раствора с содержанием спирта 80%.**

1.  $1 \text{ л.} \times 45\% / 80\% = 0,5625 \text{ л.}$  (80% раствор потребуется).

2. Из **Таблицы 1** видно, что в 100 л. 80% раствора содержится воды - 22,830 л., в 100 л. 45% раствора содержится воды - 58,542 л.

Нужно узнать, сколько содержится воды в 0,5625 л. 80% и в 1 л. 45% раствора, для этого:

$22,830 / 100 \times 0,5625 \text{ л.} = 0,1284 \text{ л.}$  воды в 80% растворе;

$58,542 / 100 \times 1 \text{ л.} = 0,585 \text{ л.}$  воды в 45% растворе.

3.  $0,585 - 0,1284 = 0,4566 \text{ л.}$  Получилось, что к 0,5625 л. 80% раствора нужно добавить 0,4566 л. воды, чтобы получить 1 литр напитка с крепостью 45%.

Если сложить 0,5625 и 0,4566, то получится 1,0191 л., но на выходе будет ровно 1 л., т.к. при смешивании произойдет сжатие (**контракция**) и объем напитка уменьшится на 0,0191 л.

*Такая точность конечно нужна только для больших объемов на промышленном производстве.*