

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра радиофизики и электроники

В.Н. СТЕПАНОВ

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ РАСТВОРОВ ОРГАНИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2009

УДК 543.5:547(07)
ББК 28.072+24.2я7
С79

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, профессор М.Г. Кучеренко
кандидат физико-математических наук, доцент Т.М. Чмерева

Степанов В.Н.

С79 Методы получения растворов органических и биологических молекул: методические указания / В.Н. Степанов. - Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2009. - 16 с.

В состав методических указаний включены следующие главы:
«Теоретическая часть. Практическая часть. Контрольные вопросы.
Дополнительные вопросы. Список использованных источников».
Методические указания могут быть рекомендованы студентам
физического факультета специальностям «радиофизика и электроника»
и «медицинская физика».

56К 28.072+24.2я7

©Степанов В.Н.,2009
© ГОУ ОГУ , 2009

Содержание

1	Теоретическая часть	4
1.1	Введение	4
1.2	Устройство и принцип работы весов	4
1.3	Отладка весов	5
1.4	Точность и методы взвешивания массы тел	7
1.5	Расчет молекулярной концентрации данных веществ	10
2	Практическая часть	14
2.1	Задание 1. Расчет молекулярной массы веществ	14
2.2	Задание 2. Вывод формулы перевода раствора из одной концентрации в другую	14
2.3	Задание 3. Приготовление раствора роданистого аммония	14
2.4	Задание 4. Приготовление растворов органических красителей	15
3	Контрольные вопросы	16
4	Дополнительные вопросы	16
	Список использованных источников	16

Методы получения растворов органических и биологических молекул

Задача: приготовление растворов органических и биологических молекул необходимой концентрации.

Цель работы:

1. Изучение устройства аналитических весов и методов работы на них.
2. Освоение методов приготовления растворов заданной концентрации с оценкой экспериментальной погрешности метода.

1 Теоретическая часть

1.1 Введение

В работе используются лабораторные аналитические весы типа ВЛР-200-М. Весы лабораторные аналитические предназначены для определений массы веществ.

Технические характеристики ВРЛ-200-М

Наименование параметра	Номинальное значение
Наибольшая измеряемая масса в граммах	200
Цена деления оптической шкалы в мг/дел.	0.1
Диапазон измерения по оптической шкале в мг	± 1
Вариация показаний в мг, не более	0.2

1.2 Устройство и принцип работы весов

В основу конструкции весов заложен принцип взвешивания на равноплечевом коромысле см. рисунок 1. На литом основании (1) из алюминиевого сплава укреплен металлическая витрина, которая имеет съемную крышку, съемное переднее стекло и боковые, выдвижные стеклянные дверцы. Весы установлены на трех регулируемых опорных ножках. На основании укреплен колонка (2), вверху которой имеется опорная подушка и рычаги изолирующего механизма. На колонке укреплен кронштейн с двумя воздушными

успокоителями (3) (демпферами). Рычаги имеют упоры, на которых в нерабочем состоянии покоится коромысло и серьги с подвесками. На полотне коромысла укреплены вкладыш с опорной призмой (6), седла (5) с грузоприемными призмами и стрелка с оптической шкалой (10). На верхние крючки серег (4) навешиваются чашки с дужками (12), на нижние - стаканы демпферов. Включение и выключение весов производится ручкой (14), надетой на валик изолирующего механизма, вынесенного на переднюю стенку витрины. Для регулировки нулевого положения коромысла на нем имеются тарировочные винты с гайками, расположенными на вертикальном винте. Конец стрелки с оптической шкалой располагается перед микрообъективом оптической системы, в которую входит также осветитель, конденсор и оптическое устройство (11). Лампа осветителя подключается к сети 127/220в через трансформатор, понижающий напряжение до 6,3 В. В цепь лампы посредством двух гнезд, закрепленных в основании и вилки со шнуром, идущим от трансформатора, включен микропереключатель. Микропереключатель включает лампу только при введении весов в рабочее состояние. Управление гирями (навешивание на планку серьги), производится посредством лимбов. При вращении малого лимба (9) происходит навешивание или снятие десятков миллиграммов, при вращении большого лимба (8) - сотен миллиграммов. Вращение лимбов осуществляется независимо друг от друга.

1.3 Отладка весов

Первым делом необходимо проверить рабочее состояние трансформатора. Затем настроить лампу освещения электронного микрообъектива. Лампа осветителя находится на задней стенке основания весов. Она представляет собой маленькую лампочку, спрятанную в пластмассовый кожух, служащий для направления пучка света на прокалиброванную шкалу, закреплённую на стойке рабочего механизма. Вращением патрона лампы и его вертикальным перемещением в корпусе осветителя по трубке конденсора добиваются максимальной и равномерной освещенности экрана, после чего положение патрона и корпуса осветителя фиксируются зажимными винтами. Шкала, непосредственно, высвечивается на экране микрообъектива и прокалибрована в интервале от - 9 до 9. Четкость изображения оптической шкалы на экране достигается продольным перемещением микрообъектива на стойке. Необходимо выставить уровень весов, которые находятся внутри витрины на основании весов, пользуясь двумя регулировочными винтами.

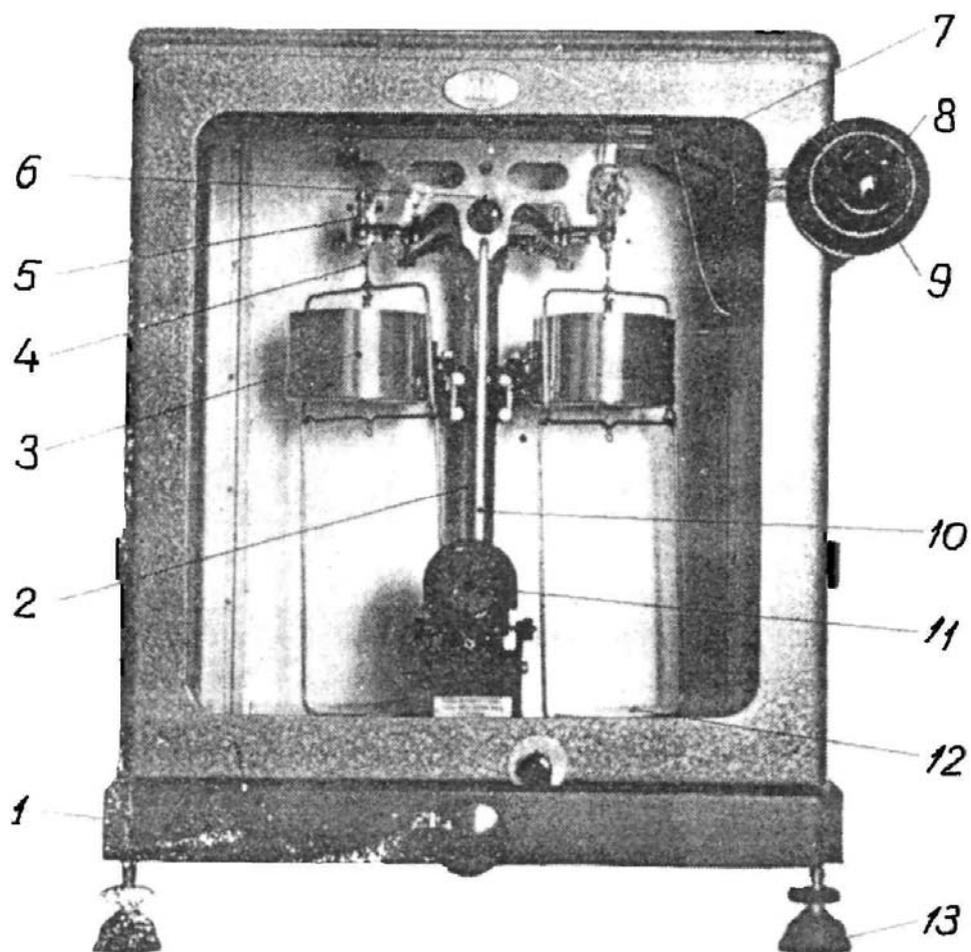


Рисунок 1- Общий вид весов ВЛА - 200г – М и обозначение основных узлов:

- 1 – основание
- 2 – колонка
- 3 – воздушный успокоитель (демпфер)
- 4 – крючок серьги
- 5 – седло с грузоприемными призмами
- 6 – вкладыш с опорной призмой
- 7 – рычаги
- 8 – большая лимба
- 9 – малая лимба
- 10 – стрелка с оптической стрелкой
- 11 – оптическое устройство
- 12 – чашка с душкой
- 13 – ножка
- 14 – ручка (вкл/выкл)
- 15 – ручка регулировки оптической шкалы

1.4 Точность и методы взвешивания массы тел

ВЗВЕШИВАНИЕ – процедура определение массы тел с помощью весов. Различают дискретное взвешивание, когда массу каждого тела измеряют отдельно с использованием весов, и непрерывное взвешивание, когда определяют суммарную массу материала при сплошной транспортировке его, например, ленточным транспортером.

Определение массы объекта методом взвешивания осуществляется путем сравнения его силы тяжести с силой тяжести мер массы гирь. При взвешивании на обычных гирных весах такое сопоставление осуществляется непосредственно в момент взвешивания. При проведении процедуры на гирных весах с отсчетными шкалами (например, равноплечных с трехпризменным коромыслом или двухпризменных лабораторных весах, циферблатных весах общего назначения), а также на квадрантных, пружинных и электронных весах массы объекта и гирь сравнивают косвенно по отсчетному устройству. Последнее градуируют с помощью образцовых гирь в единицах массы при изготовлении, юстировке (наладке) или ремонте весов.

Гири характеризуются номинальной массой (обычно от 1 мг до 20 кг) и допускаемыми погрешностями, т. е. допускаемыми отклонениями действительного значения массы от номинального. Гири подразделяют на эталонные, образцовые (для поверочных операций), рабочие и специальные (например, встроенные в весы).

Точность взвешивания характеризуется абсолютной и относительной погрешностями и определяется метрологией, показателями весов, условиями их применения, методами взвешивания и полнотой учета влияния различных источников погрешностей. Классификация точности (относительная погрешность) измерения массы в диапазоне нагрузок современных весов: 1-сличение эталонов массы; 2-метрологические исследования; 3-анализы высшей точности; 4-технические анализы повышенной точности, определение массы драгоценных металлов и камней; 5-измерение массы при торговых и учетных операциях; 6-определение массы на технологических линиях.

При взвешивании на весах общего назначения, технологических, а также общелабораторных весах обычной точности применяют только метод простого взвешивания. Согласно ему, массу объекта взвешивания принимают равной массе уравновешивающих его гирь, показаниям по отсчетному устройству весов или алгебраической сумме масс уравновешивающих гирь и показаний по отсчетному устройству. Погрешности гирь, инструментальные погрешности ве-

сов, а также влияние окружающей среды и др. не учитываются. Неодинаковая точность при простом взвешивании на весах различных типов объясняется тем, что в них присутствуют разные источники инструментальной погрешности. Например, при взвешивании на двухпризменных весах отсутствует погрешность от неравноплечности коромысла (объект и гири находятся на одном плече), играющая важную роль в простых равноплечных весах с трехпризменным коромыслом. Наибольшая высокая точность достигается, если изменение массы объекта взвешивания или разность масс двух сравниваемых тел не превышает пределов измерений по отсчетному устройству весов, т.к. при этом исключаются многочисленные источники погрешностей взвешивания (например, погрешность гирь). При таком разностном взвешивании (относительный метод) относительная погрешность приблизительно в 10 раз меньше, чем при простом взвешивании на аналогичных весах. Поэтому разностное взвешивание наиболее широко распространено в практике химического анализа. Совершенствование весов аналитической группы (увеличение диапазона непосредственного отсчета показаний весов), и особенно создание электронных весов высших классов точности, способствовали дальнейшему расширению области применения разностного взвешивания. Его относительная погрешность при работе на гирных аналитических весах 1-10 % от верхнего предела показаний по отсчетной шкале, на электронных весах 0.1-0.5 %.

При работе на гирных весах аналитической группы, широко используемых для химических анализов высокой точности (например, при полумикроанализе с погрешностью не более 0.01-0.02 мг), метод простого взвешивания не приводит к удовлетворительным результатам. Поэтому для исключения систематических погрешностей применяют более трудоемкие и требующие больших затрат времени методы точного взвешивания. При этом относительная погрешность уменьшается приблизительно в 2 раза, а при использовании лучших моделей электронных весов погрешности взвешивания не превышают погрешностей, достигнутых при метрологических исследованиях.

Метод двойного взвешивания (метод Гаусса) состоит в повторном прямом взвешивании после перестановки объекта и гирь с одной чашки весов на другую. Масса объекта, где M_1 и M_2 - результаты двух прямых взвешиваний. Учитывая, что $M_1 - M_2 \rightarrow 0$, принимают $M = (M_1 + M_2)/2$. Методы замещения - взвешивание на одном плече (метод Борда) и компенсационный, или нулевой (метод Менделеева). По методу Борда объект взвешивания после уравновешивания его тарным грузом (например, гирями более низкого класса точности) снимают с весов и на чашку помещают столько гирь соответствующего класса, чтобы привести весы в исходное положение равновесия. Массу объекта взве-

шивания определяют как алгебраическую сумму масс гирь и показаний по шкале весов. Самый распространенный метод точного взвешивания - метод Менделеева: на одну чашку весов помещают гири в количестве, отвечающем наибольшему пределу взвешивания, а на другую - тарный груз, уравнивающий гири. Объект взвешивания помещают на чашку с гирями, снимая при этом столько гирь, чтобы весы пришли в исходное положение. Массу объекта находят как сумму масс снятых гирь и показаний по шкале весов. Этот метод реализован в двухпризменных весах.

Выбор метода точного взвешивания определяется конструкцией весов и условиями их эксплуатации. При особо точных взвешиваниях (например, объектов массой $1-10^3$ мкг при ультрамикрoанализе) используют не только методы точного измерения массы, но и принимают во внимание погрешности гирь и шкал весов, а также воздействие внешних условий (аэростатических и др. сил, атм. давления и т. п.). Погрешности, вносимые накладными гирями 1-го и 2-го классов точности, исключаются при точном взвешивании внесением поправок, указанных в свидетельствах на наборы гирь. Погрешность взвешивания из-за влияния аэростатических сил возникает при неравенстве объемов объекта взвешивания и гирь. Погрешности шкал возникают из-за погрешностей самого рейтера, неправильного нанесения или плохой обработки зарубок шкалы и вследствие неправильной посадки рейтера на коромысло. Для исключения погрешности отсчетной шкалы весов, т. е. разности между номинальным и действительным значениями цены деления, шкалу следует периодически контролировать без нагрузки, при нагрузках, равных наибольшему пределу взвешивания и 0.1 его значения, используя тщательно поверенные гири. Малые изменения цены деления могут быть устранены регулятором положения центра тяжести коромысла; при больших изменениях требуется юстировка весов. При исключении основных источников систематических погрешностей методами разностного или точного взвешивания вычисляют приближенную оценку s стандартного отклонения по результатам двух и более взвешиваниям и определяют поправку к их среднему арифметическому значению. Погрешности, обусловленные электростатическими силами, могут значительно исказить результаты взвешивания, особенно при употреблении сосудов из стекла с высоким содержанием кремния (Si) и при низкой относительности влажности воздуха. Это влияние исключается ионизацией воздуха в витринах весов с помощью специальных источников излучений (при всех лабораторных работах, кроме микро- и ультрамикрoанализов). Традиционные гирные весы аналитической группы (прежде всего микро- и ультрамикровесы), а также общелабораторные весы повышенной точности весьма чувствительны к колебаниям и градиентам температуры, воздушным потокам, вибрациям и т. п. Поэтому гири и объекты взвешивания должны иметь температуру, возможно более близкую к температуре в витрине весов, для чего выдерживаются в ней перед измерениями. В витринах весов не рекомендуется размещать поглотители влаги. Помещения для точного взвешивания на всех весах указанных типов должны освещаться люминесцент-

ными лампами или специальными светильниками с теплоотводом, а также термостабилизироваться и оборудоваться кондиционерами (обычно температура 20° С при суточных колебаниях ее не более $\pm 2^\circ \text{C}$; электронные весы могут эксплуатироваться при более значительных перепадах температур).

1.5 Расчет молекулярной концентрации данных веществ.

Концентрация- величина, определяющая содержание компонента в смеси, растворе, сплаве. Существуют различные способы представления концентрации:

долевая, по массе – процентное отношение массы компонента к общей массе смеси (весовые %)

объемная, долевая – процентное отношение объема компонента к общему объему системы (объемная %)

молярная – количеством вещества растворенного в единице объема вещества (моль/м³).

моляльная - число молей растворенного вещества в 1000 г растворителя (моль/кг).

нормальная – число грамм-эквивалентов вещества в 1 л раствора. Грамм-эквивалент- количество вещества в граммах, численно равное его химическому эквиваленту (весу одной молекулы).

титрованная – масса вещества в 1 мл раствора

молярная доля - отношение количества молей данного компонента к общему количеству молей всех компонентов (доля единиц).

Массовая доля (также называют процентной концентрацией)

Массовая доля ω – отношение массы растворенного вещества к массе раствора. Массовая доля измеряется в процентах.

$$\omega = \frac{m_1}{m} \cdot 100\%$$

m_1 – масса растворенного вещества, г (кг);

m – общая масса раствора, г (кг).

В бинарных растворах часто существует зависимость между плотностью раствора и его концентрацией (при данной температуре). Поэтому для выражения концентрации (например, серной кислоты) пользуются просто их плотностью.

Объемная доля

Объемная доля v – отношение объема растворенного вещества к объему раствора. Объемная доля измеряется в долях единицы или в процентах.

$$v = \frac{V_1}{V}$$

V_1 – объем растворенного вещества, л;

V – общий объем раствора, л.

Молярная концентрация, молярная объемная концентрация

Молярная концентрация – число молей растворенного вещества в единице объема раствора. Молярная концентрация в системе СИ измеряется в моль/м³, однако на практике ее часто выражают в моль/л или ммоль/л. Возможно другое обозначение молярной концентрации – $C(x)$, которое принято обозначать M .

$$M = \frac{v}{V}$$

где: $v = \frac{m}{\mu}$ – количество растворенного вещества, моль;

V – общий объем раствора, л;

m – масса вещества, г(кг);

μ – молярная масса растворенного вещества, г/моль (кг/моль).

Моляльность (молярная весовая концентрация)

Моляльность m – число молей растворенного вещества в 1000 г растворителя. Измеряется в молях на кг, также распространено выражение «моляльности». Так, раствор с концентрацией **0.5 моль/кг** называют **0.5-моляльным**.

$$m = \frac{v}{m_2}$$

где: v – количество растворенного вещества, моль;

m_2 – масса растворителя, кг.

Обратите внимание. Молярная концентрация и моляльность величины разные, так как в моляльности расчет ведут на массу растворителя, а не на объем, как в молярной концентрации. Поэтому моляльность не зависит от температуры, как молярная концентрация.

Нормальная концентрация (молярная концентрация эквивалента)

Нормальная концентрация N – количество эквивалентов данного вещества в 1 литре раствора. Нормальную концентрацию выражают в

моль/л (имеется в виду моль эквивалентов).

$$N = \frac{vz}{V}$$

где: v - количество растворенного вещества, моль;

V - общий объём раствора, л;

z - фактор эквивалентности.

z - доля реальной частицы вещества, которая эквивалентна одному иону водорода в обменных реакциях или одному электрону в окислительно-восстановительных реакциях. n - целое число, равное числу эквивалентов вещества содержащихся в 1 моле этого вещества. Пример: определить фактор эквивалентности для кислот :

а) HCl, б) H₂SO₄, в) H₃PO₄

Решение

а) $n=1$, фактор эквивалентности -1

б) $n= 2$, фактор эквивалентности -2

в) $n=3$, фактор эквивалентности -3

Титр раствора

Титр раствора T - масса растворенного вещества в 1 мл раствора.

$$T = \frac{m_1}{V}$$

где: m_1 - масс растворенного вещества, г;

V - общий объём раствора, мл.

Титр раствора показывает, какой массе определяемого вещества (в граммах) соответствует 1мл титрованного раствора.

Мольная доля

Мольная доля N - отношение количества молей данного компонента к общему количеству молей всех компонентов. Мольную долю выражают в долях единицы.

$$N_i = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^n v_i}$$

где: v_i - количество i -го компонента, моль;

n - число компонентов.

Для характеристики масс атомов и молекул применяются величины, получившие название *относительной атомной массы элемента* (сокращенно атомной массы) и *относительной молекулярной массы вещества* (сокращенно - молекулярной массы).

Относительной атомной массой (A_r) химического элемента называется отношение массы атома этого элемента к $1/12$ массы атома ^{12}C (так обозначается изотоп углерода с массовым числом 12). Относительной молекулярной массой (M_r) вещества называется отношение массы молекулы этого вещества к $1/12$ массы атома ^{12}C . Из их определения следует, что атомная и молекулярная массы являются безразмерными величинами.

Масса, равная $1/12$ массы атома ^{12}C , называется **атомной единицей массы** (а.е.м.). Обозначим ее через $m_{\text{ед}}$. Тогда масса атома будет равна $A_r \cdot m_{\text{ед}}$, а масса молекулы – $M_r \cdot m_{\text{ед}}$.

Одной из основных единиц СИ является единица количества вещества, называемая молюм. **Моль** представляет собой количество вещества, в котором содержится число частиц (атомов, молекул, ионов, электронов и других структурных единиц), равное числу атомов в 0.012 кг изотопа углерода ^{12}C .

Число частиц, содержащихся в моле вещества, называется *постоянной Авогадро*. Опытным путем найдено, что эта постоянная равна

$$N_A = 6.02213 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

Следовательно, в моле железа содержится N_A атомов железа, в моле воды содержится N_A молекул воды, в моле электронов содержится N_A электронов и т.д. Массу моля обозначают буквой M и называют **молярной массой**. Она равна произведению постоянной Авогадро на массу молекулы. В случае углерода ^{12}C молярная масса равна 0.012 кг/моль, а масса атома $12 \cdot m_{\text{ед}}$. подставив эти значения в формулу для молярной массы, получим, что

$$0.012 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = N_A (\text{моль}^{-1}) \cdot 12 m_{\text{ед}} (\text{кг})$$

откуда

$$m_{\text{ед}} (\text{кг}) = \frac{0.001 \text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}}{N_A \text{моль}^{-1}} = \frac{0.001 \text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}}{6.022 \cdot 10^{23} \text{моль}^{-1}} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Таким образом, масса атома равна $1.66 \cdot 10^{-27} \cdot A_r$ (кг), а масса молекулы равна $1.66 \cdot 10^{-27} \cdot M_r$ (кг). Перемножив равенства и произведя сокращения, найдем, что $M = 0.001 \cdot M_r$ (кг/моль), или $M = M_r$ (г/моль).

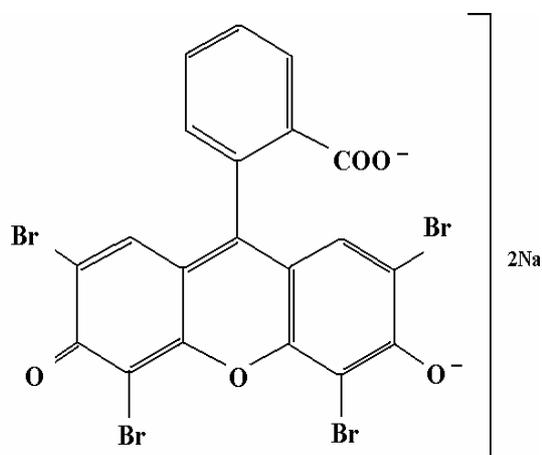
Это означает, что молярная масса, выраженная в граммах на моль, численно равна относительной молекулярной массе. Однако надо помнить, что, в то время как M_r - величина безразмерная, M измеряется в кг/моль (или г/моль).

2 Практическая часть

2.1 Задание 1. Расчет молекулярной массы веществ

Рассчитать молекулярные массы следующих веществ:

- Роданистый аммоний NH_4SCN
- Стеариновая кислота $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$
- Структурная формула тетрабром флуоресцеина (эозин Н)



2.2 Задание 2. Вывод формулы перевода раствора из одной концентрации в другую

Вывести формулу перехода от одной концентрации раствора к другой (от большей концентрации к меньшей) при условии, что объемы растворов совпадают. (Использовать формулу для молярной концентрации).

2.3 Задание 3. Приготовить растворы роданистого аммония

Приготовить растворы роданистого аммония следующих концентраций:

1. 10^{-2} М

2. 10^{-3} М
3. $5 \cdot 10^{-4}$ М
4. $3 \cdot 10^{-5}$ М

Примечание: для выполнения пунктов 2- 4 использовать раствор пункта 1 и задание 2.

Получить у преподавателя объем необходимого раствора.

1. Рассчитать количество вещества ν , необходимого для приготовления раствора.
2. Взвесить необходимое количество вещества m на аналитических весах.
3. С помощью шприца набрать необходимый объем дистиллированной воды в чистый пузырек.
4. В пузырек добавить взвешенное вещество, закрыть резиновой пробкой и тщательно перемешать полученный раствор.
5. Рассчитать нужный объем концентрированного раствора и объем дополнительной воды для получения раствора заданной концентрации.
6. С помощью шприца отмерить рассчитанный объем раствора и вылить в чистый пузырек.
7. С помощью шприца отмерить рассчитанный объем дистиллированной воды и добавить в тот же пузырек.
8. Закрыть резиновой пробкой и тщательно перемешивают полученный раствор.

2.4 Задание 4. Приготовление растворов органических красителей

Приготовить растворы красителя Эозин следующих концентраций:

1. 10^{-3} М
2. $4 \cdot 10^{-4}$ М
3. $7 \cdot 10^{-5}$ М

Примечание: для выполнения пунктов 2-3 использовать раствор пункта 1 и задание 2. Порядок работы описан в третьем задании.

3 Контрольные вопросы

- 1 Назовите основные узлы весов ВЛА-200 г -М.
- 2 Какова точность взвешивания на весах ВЛА-200 г -М.
- 3 Какие метода взвешивания вы знаете.
- 4 Назовите способы представления концентраций.
- 5 Дайте определение, что такое моль.
- 6 Что называют атомной и молярной массой.
- 7 Как рассчитывается молярная масса вещества по формуле и по структурной схеме.

4 Дополнительные вопросы

- 1 Какие физические законы и явления используются для осуществления процесса взвешивания.
- 2 Нарисуйте оптоэлектронную схему весов ВЛА -200 г- М
- 3 Перечислите методы взвешивания и их особенности.
- 4 К какому классу точности можно отнести процедуру взвешивания, проведенную в лабораторной работе.
- 5 Почему молярная концентрация зависит от температуры, а моляльная не зависит?

Список использованных источников

- 1 Весы лабораторные аналитические модели ВЛА -200г-М: паспорт. – Л.: ГОСМЕТР, 1969. - 15 с.
- 2 Танганов, Б.Б. Химические методы анализа: практикум по объемным и гравиметрическим методам анализа. Учебное пособие /Б.Б. Танганов. - Улан-Удэ: ВСГТУ, 2000.- 279 с.
- 3 Рудо, Н. М. Лабораторные весы и точное взвешивание / Н.М. Рудо. – М.: СТАНДАРТИЗ, 1963. – 152 с.
- 4 Смирнова, Н. А. Единицы измерений массы и веса в Международной системе единиц / Н.А. Смирнова. -М.: Издательство стандартов, 1966. -59 с.
- 5 Кнунянц, И.Л. Краткая химическая энциклопедия Том 1 / И.Л. Кнунянц;URL: [http:// www.nglib.ru](http://www.nglib.ru)