

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра радиофизики и электроники

# ПОЛУЧЕНИЕ РАСТВОРОВ ОРГАНИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ НЕОБХОДИМОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

Методические указания

Составитель В.Н. Степанов

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика и 03.03.02 Физика

Оренбург  
2021

УДК 544.35(076.5)  
ББК 24.52я7  
П53

Рецензент: доктор физико-математических наук, профессор М.Г. Кучеренко

**П53**    **Получение растворов органических и биологических молекул необходимой концентрации: методические указания / составитель В.Н. Степанов; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург: ОГУ, 2021. - 16 с.**

В состав методических указаний включены следующие разделы: «Теоретическая часть. Практическая часть. Контрольные вопросы. Дополнительные вопросы. Список использованных источников».

Методические указания предназначены для обучающихся по направлениям подготовки 03.03.03 Радиофизика и 03.03.02 Физика.

УДК 544.35(076.5)  
ББК 24.52я7

© Степанов В.Н.,  
составление, 2021  
© ОГУ, 2021

## Содержание

1 Теоретическая часть.....	4
1.1 Устройство и принцип работы весов.....	4
1.2 Работа с весами .....	6
1.3 Точность и методы взвешивания массы тел .....	7
1.4 Расчет молекулярной концентрации данных веществ.....	10
2 Практическая часть .....	14
2.1 Задание 1. Расчет молекулярной массы веществ .....	14
2.2 Задание 2. Приготовить растворы родамина 6 G .....	14
2.3 Задание 3 Приготовление растворов Эозина Н .....	15
3 Контрольные вопросы.....	15
4 Дополнительные вопросы .....	15
Список использованных источников .....	15

# Получения растворов органических и биологических молекул необходимой концентрации

**Задача:** приготовление растворов органических и биологических молекул необходимой концентрации.

## Цель работы:

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

## 1 Теоретическая часть

Взвешивание – одна из наиболее частых операций, выполняемых в лаборатории. Современные микровесы, полумикровесы, аналитические и прецизионные весы достигли такого уровня совершенства, что для их установки не требуется специальных помещений. Технологический процесс в области электроники позволил во многом упростить работу с весами и значительно сократить время взвешивания. Кроме того, теперь весы можно легко интегрировать в любой производственный процесс. В работе используются электронные весы типа HR-60. Весы лабораторные электронные HR предназначены для статического измерения массы веществ и материалов.

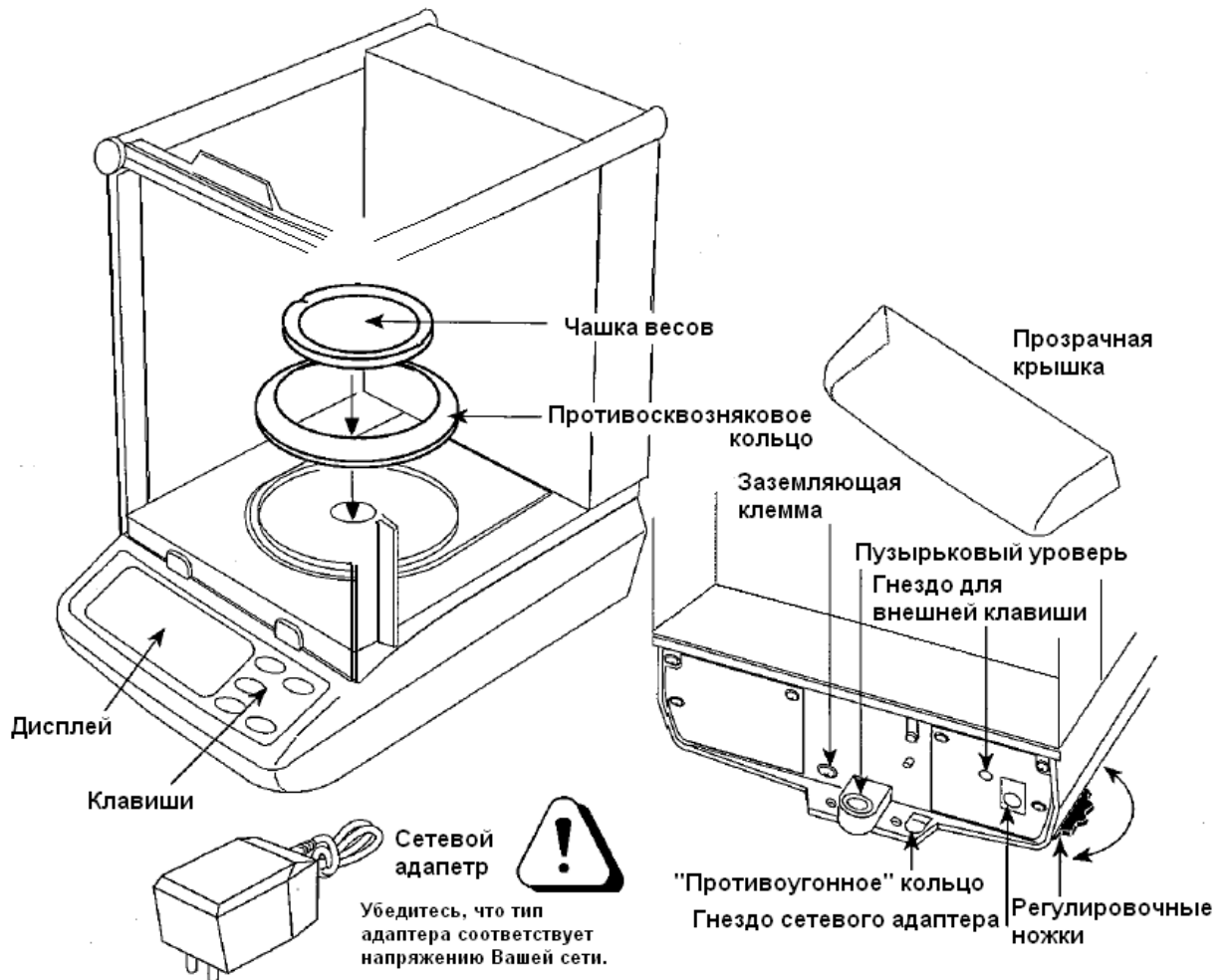
Технические характеристики HR-60

Наименование параметра	Номинальное значение
Наибольшая измеряемая масса в граммах	60
Дискретность отсчета $d$ в мг	0.1
Время взвешивания, с, не более	2,5
Диапазон рабочих температур, С	От 5 до 40°C, влажность до 85%

### 1.1 Устройство и принцип работы весов

Принцип действия весов типа HR модели HR-60 основан на измерении электрического сигнала, пропорционального усилию, создаваемому взвешиваемым объектом. Весы имеют калибровку нулевого равновесия, корректировку погрешности измерения, обусловленную изменением температуры окружающей среды.

Весы позволяют определять плотность взвешиваемого объекта, определять массу магнитных материалов. Автоматическая диагностика весов информирует оператора о неисправностях весов: низком напряжении питания, перегрузке, ошибках обнуления и калибровке. Питание весов осуществляется от встроенной аккумуляторной батареи или от сети переменного тока через адаптер. Весы выполнены из алюминиевого сплава и имеют против сквозняковый бокс.



### Опции



## 1.2 Работа с весами

Никогда не отключайте весы от источника питания и держите их всегда включенными. Это позволит обеспечить весам необходимое тепловое равновесие. Отключение весов выполняется нажатием клавиши на дисплее (на некоторых устаревших моделях — клавиши "Тара"). В этом случае весы переходят в ждущий режим. Электронные компоненты при этом находятся под напряжением, и периода прогрева не требуется.

### Установка по уровню

Периодически проверяйте уровень весов. Убедитесь в том, что пузырек располагается в центре индикатора уровня. Для выравнивания весов используйте регулируемые опоры. После корректировки уровня необходимо выполнить калибровку весов.

Перед каждым взвешиванием убедитесь в том, что весы показывают точно ноль. При необходимости выполните тарирование, чтобы избежать ошибок. Считывайте результат только после того, как маленький кружок в верхнем левом углу исчезнет. Результат взвешивания можно считывать, когда гаснет индикатор нестабильности.

Всегда размещайте образец строго в центре весовой чаши. Это позволит избежать ошибок угловой нагрузки. При работе с микровесами (**Микровесы** иначе **нановесы, атомные весы** (**англ. Microbalance** или **англ. nanobalance**) — термин, используемый для обозначения: большой группы аналитических приборов, точность измерения массы которыми составляет от единиц до сотых долей **мкг**;

Используйте специальные инструменты высокой точности, позволяющие проводить измерения массы объектов вплоть до 0,1 нг (нановесы), и полумикровесами (точность взвешивания 0.01/0.1мг) после относительно длительного перерыва (>30 мин), необходимо сначала кратковременно нагрузить чашу весов, чтобы устранить «эффект первого взвешивания».

Точность и воспроизводимость результатов взвешивания напрямую зависят от места установки весов. Для выбора наилучших условий работы весов соблюдайте следующие рекомендации: Весовой стол должен быть устойчивым (лабораторный стол, каменная плита, специализированный весовой стол). Весовой стол не должен прогибаться и качаться при работе, должен в минимальной степени передавать вибрации. Сделанным из немагнитных материалов (не используйте стальные плиты) и защищенным от электростатических зарядов (не должно быть пластика или стекла). Весовой стол должен стоять или на полу, или крепиться к стене, но не одновременно к стене и к полу (в этом случае стол будет передавать вибрации и от стены, и от пола) и использоваться только для весов. Место установки и весовой стенд не должны прогибаться и должны быть достаточно устойчивыми, чтобы показания весов не изменялись, когда кто-то прислонится к столу. Не подкладывайте мягкие коврики под весы. Лучше располагать весы непосредственно над ножками стола, так как эта область в наименьшей степени подвержена вибрациям.

Для взвешивания подбирайте сосуды минимальных размеров. Избегайте использования весовых емкостей из пластика, если атмосферная влажность падает ниже уровня 30–40%. В этих условиях они могут накапливать электростатический заряд. Материалы-диэлектрики, например, стекло и пластик, склонны к накоплению электростатического заряда. Это может существенно исказить результат взвешивания. Поэтому необходимо применять соответствующие корректирующие действия. Температура весовой емкости и взвешиваемого образца должна совпадать с температурой окружающей среды. Разность температур может привести к возникновению воздушных потоков, искажающих результат взвешивания. После извлечения весовой емкости из сушильной печи или посудомоечной машины дайте ей остыть в течение некоторого времени перед установкой на весы. По возможности старайтесь не прикасаться руками к весовой емкости, размещая ее в весовой камере. Это может изменить температуру и влажность воздуха в камере, что окажет неблагоприятное воздействие на процесс измерений.

Содержите весовую камеру и чашу весов в чистоте. Для взвешивания используйте только чистые емкости. Для чистки весов можно применять обычное средство для мойки окон. Не используйте ткань, загрязненную сивушными маслами. Старайтесь не сметать частицы загрязнений в отверстия. Перед началом чистки отсоедините все съемные компоненты, такие как стекла, чаша для взвешивания, поддон.

Для оценки погрешности измерения используйте рекомендации GUM2 (Руководство по выражению неопределенности измерений), где приведены инструкции по их определению. Согласно рекомендациям GUM2, погрешность измерения рассчитывается посредством суммирования квадратичных погрешностей, если они не являются взаимовлияющими. Погрешность измерения – это разница между результатом измерения и фактическим значением величины. Погрешность измерений обычно выражается как стандартная погрешность  $u$ /или расширенная погрешность измерения (доверительный интервал).

В работе используются лабораторные электронные весы серии HR-60 и предназначены для статистического измерения массы веществ и материалов.

### **1.3 Точность и методы взвешивания массы тел**

Процедура взвешивания – это определение массы тел с помощью весов. Различают различные виды взвешивания: 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.

Процесс определения 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 взвешивании на гирных весах с отсчетными шкалами (например, равно плечных с трехпризменным коромыслом или двухпризменных лабораторных весах, циферблатных весах общего назначения), а так-

же 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 бывают различной 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).

Процесс точности взвешивания характеризуется абсолютной и относительной погрешностями и определяется метрологией, показателями весов, условиями их применения, методами взвешивания и полнотой учета влияния различных источников погрешностей. Используется несколько классификаций точности при которой (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 процедуре взвешивании на весах общего назначения, технологических, а также общелабораторных весах обычной точности, а также электронных весах, применяют обычно 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 весов, а также влияние окружающей среды и др. не учитываются. При этом неодинаковая точность при простом взвешивании на весах различных типов объясняется тем, что в них присутствуют разные источники инструментальной погрешности. Например, при взвешивании на двух призмных весах отсутствует погрешность от неравноплечности коромысла (объект и гири находятся на одном плече), играющая важную роль в простых равноплечных весах с трехпризмным 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 полу микроанализе 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  $M = (M_1 + M_2)/2$ . Выбор метода точного взвешивания определяется конструкцией весов и условиями их эксплуатации. В случае точного взвешивания (например, объектов массой 1-10<sup>3</sup> 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. Учет погрешности взвешивания из-за влияния аэростатических сил, которое возникает при неравенстве объемов объекта взвешивания и гирь. 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. 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. Однако это влияние исключается ионизацией воздуха в витринах весов с помощью специальных источников излучений. Гирные весы (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 люминесцентными лампами или специальными светильниками с теплоотводом, а также терм стабилизироваться и оборудоваться кондиционерами (обычно температура 20° С при суточных колебаниях ее не более  $\pm 2^\circ$  С; электронные весы могут эксплуатироваться при более значительных перепадах температур).

## 1.4 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 объёму системы (объемная %)

молярная – количеством вещества растворенного в единице объёма вещества (моль/м<sup>3</sup>).

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  $\omega$ – 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.

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

$V_1$  – 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/м<sup>3</sup>, однако на практике ее часто выражают в моль/л или ммоль/л. Возможно другое обозначение молярной концентрации – С(х), которое принято обозначать С.

$$C =$$

где  $\nu = \frac{m}{\mu}$  - количество растворенного вещества, моль;

V- общий объём раствора, л;

m - масса вещества, г(кг);

$\mu$ - 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**.

$$m = \frac{\nu}{m_2},$$

где:  $\nu$ - 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 объём, 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).

$$N =$$

где:  $\nu$ - 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) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, в) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

### 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.

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

$T =$

где  $m_1$  – масс растворенного вещества, г;

$V$  – общий объём раствора, мл.

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

### Мольная доля

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

$$N_i =$$

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  $^{12}\text{C}$  (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  $^{12}\text{C}$ . Из их определения следует, что атомная и молекулярная массы являются безразмерными величинами.

Масса, равная  $1/12$  массы атома  $^{12}\text{C}$ , называется *атомной единицей массы* (а.е.). 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  $^{12}\text{C}$ .

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  $^{12}\text{C}$  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).

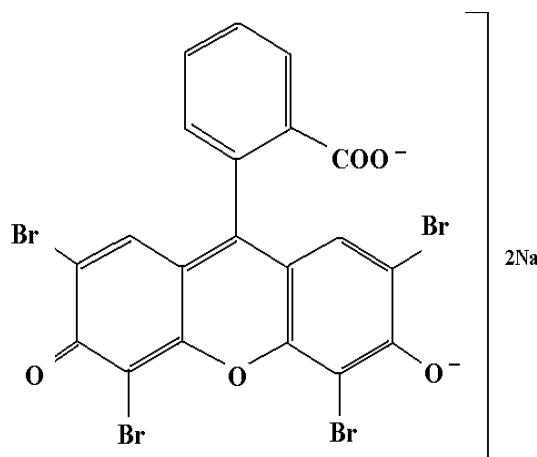
Это означает, что молярная масса, выраженная в граммах на моль, численно равна относительной молекулярной массе. Однако надо помнить, что, в то время как  $M_r$  - величина безразмерная,  $M$  измеряется в кг/моль (или г/моль).

## 2 Практическая часть

### 2.1 Задание 1. Расчет молекулярной массы веществ

Рассчитать молекулярные массы следующих веществ:

- Родамин 6 G  $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$
- Стеариновая кислота  $C_{17}H_{35}COOH$
- Структурная формула тетрабром флуоресцеина (эозин H)



### 2.2 Задание 2. Приготовить растворы родамина 6 G

Приготовить растворы родамина 6 G следующих концентраций:

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

Получить у преподавателя объем необходимого раствора.

1. Рассчитать количество вещества  $\nu$ , необходимого для приготовления раствора.
2. Взвесить необходимое количество вещества  $m$  на электронных 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. Закрывать резиновой пробкой и тщательно перемешивают полученный раствор.

### **Задание 2.3 Приготовление растворов Эозина Н**

Приготовить растворы красителя Эозин Н следующих концентраций:

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

Порядок работы описан во втором задании.

### **3 Контрольные вопросы**

- 1 Назовите основные узлы весов HR-60.
- 2 Какова точность взвешивания на весах HR-60.
- 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 Перечислите методы взвешивания и их особенности.
- 3 К какому классу точности можно отнести процедуру взвешивания, проведенную в лабораторной работе.
- 4 Почему молярная концентрация зависит от температуры, а моляльная не зависит?

### **Список использованных источников**

- 1 Электронные весы серии HR. Руководство по эксплуатации. Технический паспорт-Эй энд Ди, Япония: 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)