

Лабораторная работа №2.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Поскольку радиоактивный распад – процесс статистический, то и число импульсов, регистрируемых счетной установкой в единицу времени при измерении активности препарата подвержено статистическим флуктуациям. Действительно, измеряя несколько раз скорость счета при неизменном положении радиоактивного препарата, можно заметить, что полученные значения не совпадают между собой. Например, могут быть получены такие значения скорости счета (имп/мин): 540, 555, 535, 545, 542 и т. д. Эти числа группируются около какого-то среднего значения, которое и принимают за экспериментальное выражение скорости счета препарата.

Нет смысла говорить об истинной скорости счета импульсов, поступающих от детектора. В данном случае можно говорить лишь об истинной средней скорости счета, то есть о величине, к которой стремится результат измерения по мере увеличения полного числа отсчетов, используемых для определения среднего. Число зарегистрированных на опыте частиц должно быть тем больше, чем выше наши требования к достоверности (точности) окончательного результата измерения. Это достигается либо увеличением числа отдельных измерений, либо повышением времени отдельного измерения. Иначе говоря, получение результата высокой точности требует большого статистического материала (большой информации).

Итак, статистический характер радиоактивного распада приводит к своеобразным случайным ошибкам измерений, так называемым статистическим ошибкам. Оценка величины этой ошибки является необходимой частью математической, обработки результатов измерений.

При измерении любой физической величины принципиально невозможно определить истинное значение этой величины. Разность между измеренным и истинным (действительным) значениями физической величины называются **погрешностью** или **ошибкой измерения**. Многократное измерение одной и той же постоянной величины приводит к различным значениям этой величины, которые отличаются от действительного. Без оценки ошибок результат измерения становится ненадежным, а в ряде случаев может оказаться, что он вообще не содержит информацию об измеряемой величине.

Ошибки измерения могут быть связаны с техническими трудностями (несовершенство измерительных приборов, ограниченные возможности зрительного аппарата человека, с помощью которого во многих случаях регистрируются показания приборов и т. д.), а также целым рядом факторов, которые трудно или невозможно учесть (колебания температуры воздуха, движение потоков воздуха вблизи измерительного прибора, вибрация измерительного прибора вместе с лабораторным столом и т. д.).

Различают три типа погрешностей (ошибок) измерения: грубые ошибки (промахи), систематические и случайные ошибки.

Грубые ошибки (промахи) обычно бывают связаны с неисправностью измерительной аппаратуры, ошибкой экспериментатора в отсчете или записи показаний приборов, резким изменением условий измерений. В этих случаях результаты измерений необходимо отбрасывать и взамен производить новые измерения.

Систематические ошибки измерений – это такие ошибки, которые при многократном измерении одной и той же величины остаются постоянными или изменяются по определенному закону. Систематические ошибки включают в себя методические и инструментальные (приборные) погрешности измерений.

Методические погрешности вызываются недостатками применяемого метода измерения, несовершенством теории физического явления, к которому относится измеряемая величина, неточностью расчетной формулы. Методические погрешности можно уменьшать путем совершенствования метода измерения, введением уточнений или поправок в расчетную формулу.

Инструментальные (приборные) погрешности вызываются несовершенством конструкции и неточностью изготовления измерительных приборов (применение отстающих или спешащих часов, несовпадение в стрелочном приборе центра шкалы с осью вращения стрелки и т. д.). Уменьшение приборной погрешности достигается применением более точных и совершенных приборов. Однако полностью устранить приборную погрешность невозможно.

Случайными ошибками измерений называются ошибки, абсолютная величина и знак которых изменяются при многократных измерениях одной и той же физической величины. Равновеликие положительные и отрицательные случайные отклонения одинаково часто будут встречаться на опыте. Случайные погрешности вызываются многими факторами, эффекты действия которых столь незначительны, что их нельзя выделить и учесть в отдельности. Полностью избавиться от случайных погрешностей невозможно, но их можно уменьшить путем многократного повторения измерений. При этом происходит частичная компенсация случайных отклонений результатов измерений в сторону завышения и в сторону занижения. Расчет случайных погрешностей производится методами теории вероятностей и математической статистики.

Погрешности результатов измерения радиоактивных препаратов (образцов) обусловлены двумя причинами:

– статистическим характером радиоактивного распада;

–случайными погрешностями, которые вызваны неконтролируемыми изменениями факторов, влияющих на результаты измерений.

В зависимости от организации эксперимента и процедуры измерений случайные погрешности можно связать с теми или иными конкретными причинами. Например, если проводят несколько измерений активности одного и того же препарата, не изменяя его положения, то источниками случайных погрешностей могут быть колебания подаваемого на детектор напряжения и (или) величины фона.

Если при измерениях поворачивают препарат на некоторый случайный угол, используя цилиндрический или торцовый счетчик со щелевой диафрагмой, то кроме названных причин на возникновение случайных погрешностей могут влиять неравномерность распределения радиоактивного вещества по поверхности препарата и (или) недостаточно четкая фиксация препарата в кассете для образцов.

Когда измеряют активность серии препаратов, приготовленных из одинаковых объемов радиоактивного раствора, то помимо колебаний стабилизированного напряжения и фона, неоднородности препаратов и смещения их относительно счетчика на флуктуации результатов, возможно, будут влиять и факторы, связанные с методикой приготовления препаратов (точность определения объемов, неполнота осаждения и т. д.).

Этот перечень можно продолжить и дальше — случайные погрешности возникают на любой стадии эксперимента. Но каковы бы ни были случайные погрешности, искажающие результат отдельного измерения, в каждый результат вносится погрешность, обусловленная статистическим характером радиоактивного распада.

Конечно, говорить о погрешностях, связанных со статистическим характером радиоактивного распада, можно лишь условно. Это не погрешности в обычном понимании. Поскольку появление случайных погрешностей вызвано неконтролируемыми изменениями тех или иных факторов, то, стабилизируя их, можно добиться снижения погрешностей до уровня, когда ими можно практически пренебречь. Ликвидировать флуктуации результатов, обусловленные колебаниями числа распадающихся атомов, принципиально невозможно, так как причина этих колебаний заключена в вероятностной природе радиоактивного распада. Если в первом случае речь действительно идет о случайных погрешностях измерений, то в другом — о случайных колебаниях (флуктуациях) самой измеряемой величины. В дальнейшем мы будем пользоваться термином «погрешность, обусловленная статистическим характером распада».

Необходимо отметить, что число импульсов n , регистрируемых детектором за время t , подчиняется закону Пуассона. Это говорит о том, что если несколько раз подряд измерять активности долгоживущего изотопа, то результаты получатся неодинаковыми, то есть будут отклоняться в ту или другую сторону, группируясь вокруг некоторого среднего значения. По полученным данным можно построить график, это хорошо известная кривая распределения Пуассона.

Нельзя знать истинное значение результата данной счетной операции. Можно определить лишь среднее значение \bar{N} измеренной скорости счета, которое будет являться лучшей оценкой истинного значения ее при условии, что проведено большое число определений (не менее 10).

Существует несколько основных способов определения погрешности измерения:

1. Определение средней квадратичной ошибки результата измерений по способу наименьших квадратов;
2. Определение стандартного отклонения на основании закона распределения Пуассона;
3. Определение относительной ошибки измерения, выраженной в процентах;
4. Определение вероятной погрешности результата измерения;
5. Определение вероятной погрешности результата измерения при использовании уравнения Пуассона.

Каждый из способов определения погрешности имеет свои преимущества и недостатки. Рассмотрим указанные способы определения погрешности измерений.

Ниже приведены формулы с пояснениями для расчетов основных характеристик погрешностей радиометрических измерений.

Измеряя активность некоторого препарата за один и тот же промежуток времени t , мы получили ряд значений скорости счета $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, \dots, N_n$. За наиболее достоверное значение непосредственно измеряемой величины необходимо принять среднее **арифметическое** из всех полученных n значений:

$$\bar{N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + \dots + N_n}{n}.$$

Разность между значением среднего арифметического \bar{N} измеряемой величины и значениями, полученными при отдельных измерениях, называют **абсолютным и ошибками отдельных измерений**:

$$\Delta N_1 = N_1 - \bar{N}; \Delta N_2 = N_2 - \bar{N}; \dots; \Delta N_n = N_n - \bar{N};$$

Они могут быть как положительными, так и отрицательными. Абсолютная погрешность показывает, на сколько отклоняется измеренное значение от среднего арифметического.

Средней абсолютной ошибкой результата называется среднее арифметическое абсолютных значений ошибок всех измерений независимо от их знака:

$$\Delta N = \frac{|\Delta N_1| + |\Delta N_2| + |\Delta N_3| + \dots + |\Delta N_n|}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta N_i|.$$

Результат измерения величины N можно представить в виде:

$$N = \bar{N} \pm \Delta N.$$

Это указывает на то, что значение измеряемой величины колеблется в пределах: от $\bar{N} - \Delta N$ до $\bar{N} + \Delta N$. При записи такого результата необходимо соблюдать следующие правила:

1. Величину погрешности ΔN необходимо округлить до двух значащих цифр, если первая из них единица, и до одной значащей цифры во всех остальных случаях;

2. При записи значения \bar{N} необходимо указывать все цифры вплоть до последнего десятичного разряда, использованного для записи погрешности.

Средней относительной ошибкой E результата измерения называют отношение средней абсолютной ошибки результата ΔN к его среднему значению \bar{N} , что определяется формулой:

$$E = \frac{\Delta N}{\bar{N}}. \quad (5)$$

Относительные ошибки принято выражать в процентах:

$$E = \frac{\Delta N}{\bar{N}} \cdot 100\%. \quad (6)$$

Отношение абсолютных ошибок отдельных измерений к соответствующим значениям, полученным в результате измерения, называют **относительными ошибками отдельных измерений**:

$$\frac{\Delta N_1}{N_1}, \frac{\Delta N_2}{N_2}, \frac{\Delta N_3}{N_3}, \dots, \frac{\Delta N_n}{N_n}.$$

При статистической обработке материала, следует отметить следующее: среднее арифметическое всегда определяет собой основное и наиболее вероятное значение измеряемой величины, а степень достоверности полученных данных определяется значением ошибок измерения.

Величина квадратичного отклонения, приходящаяся на одно измерение, называется **дисперсией** и определяется по формуле

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta N_i^2}{n}, \quad (7)$$

откуда величина среднего квадратичного отклонения

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta N_i^2}{n}}. \quad (8)$$

Если число измерений n меньше 30 ($n < 30$), то

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta N_i^2}{n-1}}. \quad (9)$$

Значение σ часто называют **средней квадратичной ошибкой отдельного измерения** или **стандартным отклонением**.

Средней квадратичной ошибкой результата по теории вероятностей называется стандартное отклонение, деленное на корень квадратный из числа наблюдений:

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (10)$$

или

$$m = \pm \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta N_i^2}{n}}}{\sqrt{n}} = \pm \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta N_i^2}. \quad (11)$$

Если $n < 30$, то

$$m = \pm \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta N_i^2}{n-1}}}{\sqrt{n}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta N_i^2}{n(n-1)}}. \quad (12)$$

Таким образом, истинное значение измеряемой величины

$$N = \bar{N} \pm m$$

$$\text{или} \quad N = \bar{N} \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}. \quad (13)$$

Совершенно естественно, что истинная скорость счета образца равна скорости счета образца+фон (N) минус скорость счета фона (N_ϕ), которые соответственно равны:

$$\bar{N} \pm m \text{ и } \bar{N}_\phi \pm m_\phi.$$

Что касается ошибки результата при определении собственной скорости счета образца, то в ней должны быть учтены и средняя квадратичная ошибка результата, полученная при измерении скорости счета образца+фон, то есть m , и средняя квадратичная ошибка результата, полученная при измерении скорости счета фона, то есть m_ϕ .

Согласно теории вероятностей, средняя квадратичная ошибка равна корню квадратному из суммы квадратов отдельных ошибок, то есть:

$$m_o = \pm \sqrt{m^2 + m_\phi^2}. \quad (14)$$

Тогда собственная скорость счета образца будет равна:

$$N_o = N - N_\phi = \bar{N} - \bar{N}_\phi \pm \sqrt{m^2 + m_\phi^2}. \quad (15)$$

Иногда при статистической обработке результатов измерений используют вероятную ошибку наблюдений и вероятную ошибку результата.

Все ошибки наблюдения (измерения) заключаются между наибольшими по абсолютной величине положительными и отрицательными значениями абсолютных ошибок Δa_i , причем большие случайные ошибки в ту или другую сторону реже встречаются и менее вероятны, чем малые. Поэтому есть основание сузить пределы погрешностей, определяемых по формулам для квадратичной ошибки отдельного измерения σ и средней квадратичной ошибки результата m .

Для этого вводят некоторый коэффициент, меньший 1 и равный по теории вероятностей 0,67 (точнее, 0,6745). Таким образом, вероятная ошибка отдельного наблюдения f (от французского faufes – ошибка)

$$\text{будет равна: } f = \pm 0,67\sigma = \pm 0,67 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta N_i^2}{n-1}}, \text{ если } n < 30, \quad (16)$$

и

$$f = \pm 0,67\sigma = \pm 0,67 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta N_i^2}{n}}, \text{ если } n \geq 30. \quad (17)$$

Вероятная ошибка F будет:

$$F = \pm 0,67 \cdot m = \pm 0,67 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta N_i^2}{n(n-1)}}, \text{ если } n < 30, \quad (18)$$

$$F = \pm 0,67 \cdot m = \pm 0,67 \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta N_i^2}, \text{ если } n \geq 30, \quad (19)$$

Таким образом, для окончательного значения измеряемой величины A можно написать:

$$N = \bar{N} \pm 0,67m \text{ или } N = \bar{N} \pm 0,67 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (20)$$

где \bar{N} — среднее арифметическое, которое определяет собой наиболее вероятное значение измеряемой величины; $\pm 0,67 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ — величина вероятной ошибки результата измерений.

Задание 1. Определение скорости счета данного радиоактивного образца и расчет средней квадратичной ошибки результата измерения.

Приборы и материалы:

1. Радиометр ПП-8 или КРВП-3АБ;
2. Стронциево-иттриевые источники различной активности;

Последовательность выполнения работы:

1. Включите и подготовьте радиометр к работе;
2. Проверьте правильность работы пересчетного блока;
3. Измерьте фон счетчика, проведя 15 измерений по 1 минуте. Результаты измерений занесите в табл. 6;

4. Найдите сумму результатов измерений $\sum_{i=1}^{15} N_i$ и занесите в табл. 6;

Таблица 6. Результаты измерений скорости счета фона

Индекс измерения i	Результат измерения a_i , имп/мин	Абсолютная ошибка измерения $\Delta N_i = N_i - \bar{N}$ имп/мин	Квадрат отклонения ΔN_i^2
1			
2			
...			
15			

$$n=15 \quad \sum_{i=1}^{15} N_i = \quad \sum_{i=1}^{15} \Delta N_i^2 =$$

5. Измерьте скорость счета предлагаемого радиоактивного источника, проведя 15 измерений по 1 минуте. Результаты измерений занесите в табл. 7;

6. Найдите сумму результатов измерений $\sum_{i=1}^{15} N_i$ и занесите ее в табл. 7;

7. Проведите обработку результатов измерений в следующем порядке:

Таблица 7. Результаты измерений скорости счета образца+фон

Индекс измерения i	Результат измерения N_i , имп/мин	Абсолютная ошибка измерения $\Delta N_i = N_i - \bar{N}$, имп/мин	Квадрат отклонения ΔN_i^2
1			
2			
...			
15			

$$N = 15 \quad \sum_{i=1}^{15} N_i = \quad \sum_{i=1}^{15} \Delta N_i^2 =$$

7. Проведите обработку результатов измерений в следующем порядке:

- а) определите среднее арифметическое для фона $\overline{N_\phi}$.
- б) определите абсолютные ошибки отдельных измерений ΔN_ϕ , полученные значения занесите в третью колонку табл. 6 (табл. 7 для образца+фон);
- в) определите значения квадратов отклонений $\Delta N_{i\phi}^2$ и занесите в четвертую колонку табл. 6 (или табл. 7);
- г) найдите сумму квадратов отклонений $\sum_{i=1}^{15} \Delta N_{i\phi}^2$ и занесите в табл. 6 (или табл. 7);
- д) определите значение средней квадратичной ошибки отдельного отклонения σ_ϕ ;
- е) рассчитайте $3\sigma_\phi$ и определите, все ли измеренные значения относятся к нашему ряду. Для этого сравните с $3\sigma_\phi$ отклонения ΔN_i всех измерений. Если $\Delta N_i \leq 3\sigma_\phi$, то значение относится к данному ряду и должно учитываться, когда $\Delta N_i > 3\sigma_\phi$ то значение не учитывается и действия пунктов а-е повторяются снова;
- ж) определите среднюю квадратичную ошибку результата m_ϕ ;
- з) запишите скорость счета измерения фона в виде $N_\phi = N_{\phi \pm m_\phi}$ имп/мин;
- и) найдите относительную ошибку результата измерений E . Сделайте вывод о точности измерения;
8. Проведите расчеты, аналогичные пункту 7 для результатов измерений образца с учетом фона;
9. Найдите истинную скорость образца, для чего из значения скорости счета с учетом фона N необходимо вычесть значение скорости счета фона N_ϕ , то есть $N_o = N - N_\phi$. Учтите, что ответ должен быть записан в виде $N_o = (N - N_\phi) \pm m_o$;
10. Определите относительную ошибку E_o . Сделайте вывод о точности измерения.

Задание 2. Определение скорости счета данного радиоактивного образца при длительном измерении.

Последовательность выполнения работы:

1. Подготовьте радиометр к работе;
2. Проверьте правильность работы пересчетного блока;
3. Измерьте фон счетчика в течение 10 (или 15) минут;
4. Запишите число импульсов n_ϕ , зарегистрированных за данный промежуток времени t_ϕ ;
5. Рассчитайте скорость счета фона N_ϕ ;
6. Установите данный радиоактивный образец и измерьте скорость счета образца в течение 15 минут;
7. Запишите число импульсов n , зарегистрированных за данное время t ;
8. Рассчитайте скорость счета образца с учетом фона N ;
9. Найдите истинную скорость счета образца N_o по формуле (25), окончательный ответ запишите в виде $N_o = (N - N_\phi) \pm m_o$;
10. Определите относительную ошибку E в процентах и сделайте вывод о точности измерения. Если истинная скорость счета предложенного образца будет мало отличаться от скорости счета фона (образец малой активности), то необходимо рассчитать и вероятную ошибку F ;
11. Повторите пункты 3–9;
12. Определите вероятную ошибку F ;
13. Запишите истинную скорость счета образца N_o ;
14. Определите относительную ошибку E в процентах и сделайте вывод о точности измерения.

Задание 3. Измерение скорости счета при определении активности данного радиоактивного образца с заданной статистической точностью.

Последовательность выполнения работы:

1. Подготовьте радиометр к работе;
2. Проверьте правильность работы пересчетного блока;
3. Измерьте фон счетчика в течение двух минут;
4. Запишите число импульсов n_ϕ , зарегистрированных за данное время t_ϕ ;
5. Определите скорость счета фона ($N_\phi = n_\phi / t_\phi$);
6. Измерьте в течение двух минут количество импульсов (n) от предложенного радиоактивного источника;
7. Запишите число импульсов n , зарегистрированных за данное время t ;
8. Определите скорость счета источника по формуле $N = n/t$;
9. Определите коэффициент K по формуле

$$K = \frac{n}{t} : \frac{n_{\phi}}{t_{\phi}};$$

10. Зная K и заданную точность измерения (задается преподавателем), по таблице Бэлла (приложение 3) определите число импульсов n_{ϕ} и n , которое необходимо зарегистрировать, чтобы обеспечить заданную точность измерения;

11. Определите необходимое время измерения фона и радиоактивного источника. Для этого необходимо число импульсов, полученных по таблице Бэлла, разделить на соответствующие скорости счета фона и радиоактивного источника;

12. Произведите измерения скорости счета фона и радиоактивного источника за рассчитанные промежутки времени. Данные запишите.

13. Обработайте полученные результаты в следующем порядке:

- рассчитайте скорость счета фона N_{ϕ} ;
- рассчитайте скорость счета предложенного радиоактивного источника N ;
- найдите истинную скорость счета данного источника N_o . Окончательный ответ запишите в виде $N_o = (N_{\phi}) \pm m_o$;

14. Определите относительную ошибку измерения E в процентах;

15. Сравните полученную относительную ошибку с заданной и сделайте вывод о достижении заданной точности измерения.

Задание 4. Проверка правильности работы радиометра.

Последовательность выполнения работы:

- Подготовьте радиометр к работе;
- Проверьте правильность работы пересчетного блока;
- Установите радиоактивный источник с таким расчетом, чтобы скорость счета составляла около 500 имп/мин (выбрать позицию);
- Произведите 10 измерений числа импульсов по 0,5 минуте и занесите показания в табл. 8;

Таблица 8. Результаты измерений

Индекс измерения i	Число зарегистрированных импульсов (n)	Скорость счета (N_i)	Среднее арифметическое скорости счета \bar{N} , имп/мин	Абсолютная ошибка измерения $\Delta N_i = N_i - \bar{N}$, имп/мин	Квадрат отклонения ΔN_i^2
1	2	3	4	5	6
2					
...					
10					

$$n = 10 \qquad \sum_{i=1}^{10} N_i = \qquad \sum_{i=1}^{10} \Delta N_i^2 =$$

5. Обработайте результаты измерений в следующем порядке:

- определите скорость счета $N_i = n_i/t_i$ и запишите в третью колонку табл. 8. Найдите сумму $\sum_{i=1}^{10} N_i$

и занесите в ту же колонку;

б) определите среднее арифметическое \bar{N} по формуле (1) и занесите в четвертую колонку табл. 8;

в) определите абсолютные ошибки отдельных измерений ΔN_i , полученные значения занесите в пятую колонку табл. 8;

г) определите значения квадратов отклонений ΔN_i^2 и занесите в шестую колонку табл. 8. Найдите сумму квадратов отклонений $\sum_{i=1}^{10} N_i^2$ и тоже занесите в ту же колонку;

д) определите среднюю квадратичную ошибку отдельного измерения σ ;

е) проверьте, все ли измеренные значения принадлежат к данному ряду;

ж) определите квадратичную ошибку результата m ;

з) определите относительную квадратичную ошибку результата измерений E_m по формуле

$$E_m = \frac{m}{N} \cdot 100\%;$$

- и) определите статистическую ошибку средней скорости счета D_N^- ;
- к) определите относительную статистическую ошибку результата;
- 6. Сравните полученные величины E_m и σ_N^- и сделайте вывод о стабильности работы аппаратуры;
- 7. Проведите 10 измерений числа импульсов по 3 минуты и занесите показания в таблицу, аналогичную табл. 8;
- 8. Произведите обработку результатов согласно пункту 5;
- 9. Повторите пункт 6;
- 10. Сравните значения относительных ошибок измерений σ_N^- , рассчитанных при первом и втором измерениях. Объясните, почему с увеличением времени отдельного измерения σ_N^- уменьшается.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается статистический характер закона радиоактивного распада?
2. Дайте определение погрешности (ошибки) измерений.
3. Назовите типы погрешностей измерений.
4. Приведите примеры грубых ошибок.
5. Что называется систематической ошибкой измерений?
7. Как возникают методические и инструментальные погрешности измерений?
8. Как устранить методические погрешности измерений?
9. Как устранить инструментальные погрешности измерений?
10. Что называется случайными ошибками измерений?
11. Чем определяется возникновение погрешностей или ошибок измерений при регистрации активности радиоактивных образцов?
12. Как рассчитывается среднее арифметическое?
13. Что называют абсолютной ошибкой отдельного измерения?
14. Что показывает абсолютная ошибка отдельного измерения?
15. Что называется средней абсолютной ошибкой результата измерений?
16. Как рассчитать среднюю абсолютную ошибку результата измерений?
17. Что называется средней относительной ошибкой результата измерений?
18. Что определяет наиболее вероятное значение измеряемой величины: среднее арифметическое или погрешность измерения?
19. Дайте определение дисперсии.
20. Как определить среднее квадратичное отклонение?
21. Что называется средней квадратичной ошибкой результата измерений? Чем она отличается от средней квадратичной ошибки отдельного измерения?
22. Как правильно записать истинное значение измеряемой величины?
23. Начертите и объясните кривую распределения Гаусса.
24. Почему измеренные значения, которые превышают 3σ необходимо исключать при обработке результатов?
25. Для чего вводят вероятную ошибку результата измерений?
26. Что называется стандартным отклонением?
27. В каком случае определяют среднюю квадратичную ошибку результата измерений?
28. В каком случае определяют стандартное отклонение?
29. В каком случае вычисляют вероятную ошибку измерения?
30. Как, используя таблицу Бэлла и учитывая заданную точность измерения, выбрать необходимое время измерения?
31. Почему при увеличении времени измерения, если регистрирующая аппаратура работает исправно, точность измерения улучшается?
32. Зависит ли точность измерения от активности радиоактивного образца?
33. Какие погрешности измерения учитываются при радиометрических анализах? Ответ поясните.