

МВД России
Санкт-Петербургский университет

В.М. Зыков, О.Б. Шалагинова

**ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЕ МЕТОДЫ
СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Учебное пособие

Санкт-Петербург
2016

УДК 50
ББК 67.5
Е 86

Е 86 Естественнонаучные методы судебно-экспертных исследований:
учебное пособие / Зыков В.М., Шалагинова О.Б. – СПб.: Изд-во
СПб ун-та МВД России, 2016. – 92 с.

Материал учебного пособия составлен в соответствии с учебной программой дисциплины «Естественнонаучные методы судебно-экспертных исследований» по направлению подготовки (специальности) 40.05.03 – судебная экспертиза. В нем рассмотрены такие разделы, как: общая характеристика методов и средств экспертного исследования следов преступления и других материальных объектов, математические методы исследования, основы строения вещества и его свойства, основы оптики, микроскопические и аналитические методы исследований, хроматографические методы и методы определения состава и структуры объектов судебной экспертизы, биологические методы исследования объектов судебной экспертизы.

Предназначено для курсантов и слушателей Санкт-Петербургского университета МВД России.

Кроме этого, издание может использоваться и при изучении других дисциплин по разным направлениям подготовки, где применяются понятия и методы, рассмотренные в данной работе.

УДК 50
ББК 67.5

Рецензенты

А.К. Черных, доктор технических наук, профессор
(Санкт-Петербургский военный институт внутренних войск МВД России);

А.О. Авсентьев, кандидат технических наук
(Воронежский институт МВД России)

© Санкт-Петербургский университет
МВД России, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| Глава 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ЭКСПЕРТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СЛЕДОВ ПРЕСТУПЛЕНИЯ И ДРУГИХ МАТЕРИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ | 6 |
| § 1.1. Понятие и классификация методов судебной экспертизы..... | 6 |
| § 1.2. Средства экспертного исследования | 9 |
| Глава 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ..... | 10 |
| § 2.1. Основные положения математического анализа | 10 |
| § 2.2. Научные основы метрологии, используемой в криминалистике | 16 |
| § 2.3. Элементы математической обработки результатов измерений | 22 |
| Глава 3. ОСНОВЫ СТРОЕНИЯ ВЕЩЕСТВА И ЕГО СВОЙСТВА | 32 |
| § 3.1. Строение вещества: основные понятия и законы | 32 |
| § 3.2. Свойства веществ | 36 |
| Глава 4. ОСНОВЫ ОПТИКИ | 43 |
| § 4.1. Природа света. Основы фотометрии | 43 |
| § 4.2. Геометрическая и волновая оптика | 47 |
| § 4.3. Применение законов отражения и преломления для получения изображения | 51 |
| § 4.4. Оптические приборы и их погрешности..... | 58 |
| § 4.5. Электромагнитные волны..... | 61 |
| Глава 5. МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ И АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ..... | 66 |
| § 5.1. Микроскопические методы исследования объектов судебной экспертизы..... | 66 |
| § 5.2. Аналитические методы анализа..... | 69 |
| Глава 6. ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ОБЪЕКТОВ СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ | 73 |
| § 6.1. Методы определения состава и структуры объектов судебной экспертизы..... | 73 |
| § 6.2. Хроматографические методы исследования объектов судебной экспертизы..... | 78 |
| Глава 7. БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ | 84 |
| § 7.1. Методы биологических исследований в судебной экспертизе | 84 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 88 |
| ЛИТЕРАТУРА | 89 |

ВВЕДЕНИЕ

Развитие науки и техники, внедрение ее в практику экспертно-криминалистических подразделений органов внутренних дел имеет свои положительные результаты. Неуклонно возрастает значение использования в уголовном процессе вещественных доказательств, заключений экспертов – как важнейших объективных источников доказательственной базы. Актуальным в расследовании преступлений сегодня становится квалифицированное, эффективное и своевременное применение экспертных средств и методов.

В этой связи весьма важны практическая экспертная деятельность и теория методов экспертного исследования, процессы интеграции и дифференциации в формировании научного экспертного знания. Предмет исследования – закономерности возникновения и адаптации методов судебно-экспертного исследования, обусловленные взаимодействием естественных и технических наук. Структура теории методов экспертных исследований определена её местом в системе других наук, ее связями и взаимозависимостями с ними. Учебная дисциплина «Естественнонаучные методы судебно-экспертных исследований» обусловлена процессами взаимопроникновения методов исследования таких наук, как физика, химия, математика, биология.

Научные знания судебной экспертизы зародились и успешно применялись еще в древнем мире, но поистине настоящее оформление института судебной экспертизы произошло только в период бурного развития научного знания на рубеже XVI – XVII веков. Об этом свидетельствуют научные рекомендации по использованию при судебном разбирательстве уголовных дел лиц, сведущих в сличении почерков, в распознавании ядов, обладающих медицинскими познаниями. Первым в истории России учреждением, в котором начала формироваться судебная экспертиза, стала Санкт-Петербургская Академия наук (XVIII век). Академиков привлекали к производству исследований в интересах правосудия. Теория и практика судебной экспертизы имеет давнюю и славную историю своего становления и прикладной реализации. Одновременно – это сравнительно новая вузовская дисциплина, но она только в начале своего долгого и плодотворного пути развития.

Говоря о проблемах методического характера, следует прежде всего отметить факт включения в сферу судебной экспертизы новых объектов, возникновения новых задач, которые ставит перед экспер-

тами следственная практика, требующих разработки на основе уже имеющегося эмпирического материала соответствующих экспертных методов исследования. По результатам освоения учебного курса «Естественнонаучные методы судебно-экспертных исследований» возникает умение использовать естественнонаучные методы и средства для обнаружения, фиксации и изъятия объектов и их предварительного исследования, навыки интерпретации результатов применения естественнонаучных методов для решения судебных задач.

В пособии рассматриваются все разделы курса.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ЭКСПЕРТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СЛЕДОВ ПРЕСТУПЛЕНИЯ И ДРУГИХ МАТЕРИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Изучение основных методов и средств экспертного исследования является основной целью дисциплины «Естественнонаучные методы судебно-экспертных исследований». Знакомство с основными естественнонаучными методами и техническими средствами экспертного исследования следов преступления и иных вещественных доказательств строится на основе специальных знаний в области физики, химии, математики, биологии на базе среднего образования.

Рассмотрим методы судебной экспертизы по степени общности и субординации. Криминалистическую технику, являющуюся средством экспертного исследования, сгруппируем по видам с точки зрения ее предназначения: общего и специального.

§ 1.1. Понятие и классификация методов судебной экспертизы

Общая теория судебной экспертизы возникла в недрах криминалистики и переживает этап формирования. Для теории и практики экспертизы криминалистика играет роль обосновывающего знания, как и другие науки, например, физическая химия, молекулярная биология.

Экспертиза в широком смысле слова имеет в виду любое исследование, проводимое сведущим лицом для ответа на вопросы, требующие специальных (научных, профессиональных, опытных) познаний. Решаемые экспертами вопросы разнообразны. Судебные же экспертизы проводятся в связи с расследованием и рассмотрением уголовных и гражданских дел.

Судебная экспертиза – это процессуальное действие, состоящее из проведения исследований и дачи заключения экспертом по вопросам, разрешение которых требует специальных познаний в области науки, техники, искусства или ремесла и которые поставлены перед экспертом судом, судьей, органом дознания, лицом, производящим дознание, следователем или прокурором в целях установления обстоятельств, подлежащих доказыванию по конкретному делу. Результаты судебной экспертизы оформляются специальным документом – заключением эксперта.

Применительно к конкретной экспертизе ее предметом является экспертная задача, которую предстоит решить эксперту в ходе и по результатам исследования на основе соответствующего объема специальных познаний с использованием находящихся в его распоряжении средств и методов.

Понятие метода и методики судебной экспертизы

Методология общей теории судебной экспертизы включает в качестве необходимого элемента методы и методики решения задач судебной экспертизы.

Метод экспертизы (экспертного исследования) – система логических и инструментальных операций получения данных для решения вопроса, поставленного перед экспертом. Согласно Словарю основных терминов судебных экспертиз, *операции, образующие метод*, представляют собой практическое применение знаний закономерной объективной действительности для получения новых знаний, а *методика экспертизы* (экспертного исследования) – это система методов, применяемых при изучении объектов судебной экспертизы для установления фактов, относящихся к предмету определенного рода, вида и подвида судебной экспертизы.

Объект судебной экспертизы – материальный носитель информации о фактах, интересующих следствие и суд, исследуемый в рамках экспертизы как средства доказывания.

Методы экспертизы основываются и формируются на:

- а) соответствующих научных методах;
- б) характере и свойствах объекта экспертизы;
- в) опыте решения практических задач, в том числе на алгоритмических правилах и разработанных самим экспертом приемах изучения объектов экспертизы.

Допустимость экспертного метода определяется требованиями соблюдения техники безопасности.

Методы экспертного исследования должны отвечать требованию сохранения объекта в том виде и состоянии, в котором он поступил на экспертизу. Но в ряде случаев приходится применять и методы, не разрушающие объект, но изменяющие его состав, структуру или отдельные свойства.

Срок производства экспертиз регламентируется нормативным актом, поэтому метод экспертизы должен выбираться для его использования с учетом этого критерия.

Результаты применения методов должны быть очевидны и наглядны для всех участников судопроизводства.

В структуре экспертного метода необходимы три части – обосновывающая, операционная и технологическая. Обосновывающая часть содержит изложение научной базы, на которой создан метод. В операционную часть входят действия, операции и приемы осуществления метода. Техническая часть включает различные материальные средства и приборы, которые позволяют реализовать метод.

Классификация методов судебной экспертизы

Применительно к потребностям экспертной практики наиболее целесообразна классификация методов судебной экспертизы с точки зрения их общности и субординации, в соответствии с которой выделяются три уровня. Первый – общие (общенаучные методы). Второй – частнонаучные методы судебной экспертизы. Третий уровень – специальные (монообъектные) методы.

| <i>Общенаучные (общие)</i> | <i>Частнонаучные (12 классов)</i> | <i>Специальные (монообъектные)</i> |
|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| наблюдение | измерительные | судебно-баллистическая |
| измерение | микроскопические | судебно- трасологическая |
| описание | фотографические | судебно-портретная |
| эксперимент | физико-технические | судебно- почерковедческая |
| моделирование | спектральные | судебно-техническая |
| анализ | рентгенографические | |
| синтез | хроматографические | |
| индукция | электрохимические | |
| дедукция | радиационные | |
| сравнение | математические | |
| обобщение | электронно- вычислительные | |

Общенаучные (общие) методы – это универсальные методы исследования, так как каждый из них может использоваться для решения большой группы вопросов, которые ставятся перед судебной экспертизой. Они применяются на основных стадиях экспертного исследования в экспертизах всех родов.

Частнонаучные методы судебной экспертизы – это инструментальные, аналитические и иные вспомогательные методы, применяемые либо в одной, либо в нескольких науках.

Специальные (монообъектные) методы – это методы, разрабатываемые или приспособляемые для исследования конкретного, единичного объекта или применяемые только в экспертизах данного рода.

§ 1.2. Средства экспертного исследования

Средством экспертного исследования является криминалистическая техника. Криминалистическая техника это научно-технические средства, приемы и методы собирания, исследования, оценки и использования судебных доказательств в уголовном процессе.

Современные криминалистические научно-технические средства, приемы и методы при группировке по виду с точки зрения своего предназначения образуют две основные группы:

1) общего употребления (например, фотоаппараты широкого использования, принадлежности для вычерчивания плана места происшествия, различные осветительные приборы от обычных фонариков до переносных ламп, лупы и т. д.);

2) специального назначения, то есть разработанные исключительно для раскрытия, расследования и предупреждения преступлений. В частности, к ним относятся набор для работы с микрообъектами, набор для сотрудников ДПС, поисковые приборы, порошки и химикаты для работы со следами и пр.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается судебная экспертиза?
2. Метод судебной экспертизы.
3. Методика судебной экспертизы.
4. Что является объектом судебной экспертизы?
5. На какие классы делятся методы судебной экспертизы по степени общности?
6. Назовите две основные группы криминалистической техники.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Математические методы, используемые в судебно-экспертных исследованиях, включают в себя основы математического анализа, основы метрологии и математическую обработку результатов измерений.

Знакомство с основными положениями математического анализа делает возможным дальнейшие исследования функции, опираясь на которые происходит построение графика функции. Выводится формула Тейлора и ее частный случай – формула Маклорена. Применение формул Тейлора и Маклорена разложения функций в степенной ряд широко используется для нахождения значений различных функций.

Изучение основных положений науки об измерениях – метрологии – необходимо в связи с тем, что экспертные заключения утверждаются главным метрологом. Государственный метрологический контроль и надзор включает паспортизацию, поверку, юстировку технических средств, технический регламент, стандарт и стандартизацию.

Математическая обработка результатов измерений изучает погрешности измерений – ошибки при измерении физических величин. При обработке экспериментальных данных обычно именно нормальному закону подчиняется распределение случайных погрешностей результатов наблюдений. Основные задачи теории ошибок: разыскание законов распределения случайных ошибок, установление погрешностей таких оценок.

§ 2.1. Основные положения математического анализа

Математический анализ – основа высшей математики. В основе математического анализа лежит функциональная составляющая. Функции предмета – это его свойства, именно они и подвергаются исследованию. Данный параграф посвящен понятию функции, свойствам функции, графикам основных элементарных функций, функциональным рядам Тейлора и Маклорена.

Понятие функции

Если каждому значению переменной x , принадлежащей некоторой области, соответствует одно определенное значение другой переменной y , то y есть функция от x , или, в символической записи –

$$y = f(x), \quad y = \varphi(x), \quad y = y(x).$$

Переменная x называется независимой переменной или аргументом функции, а переменная y зависимой переменной или значением функции в точке x .

Совокупность значений x , при которых определяются значения функции y в силу правила $f(x)$, называется областью определения (областью существования) функции.

Если функция $y = f(x)$ такова, что большему значению аргумента x соответствует большее значение функции, то функция $y = f(x)$ называется возрастающей.

Если большему значению аргумента x соответствует меньшее значение функции, то функция $y = f(x)$ называется убывающей.

Возрастающие и убывающие функции называются монотонными.

Функция $y = f(x)$ называется периодической, если существует такое постоянное число C , от прибавления или вычитания которого от аргумента функции x , значение функции не изменяется, то есть

$$f(x+C) = f(x) \quad \text{или} \quad f(x-C) = f(x).$$

Наименьшее такое число называется периодом функции.

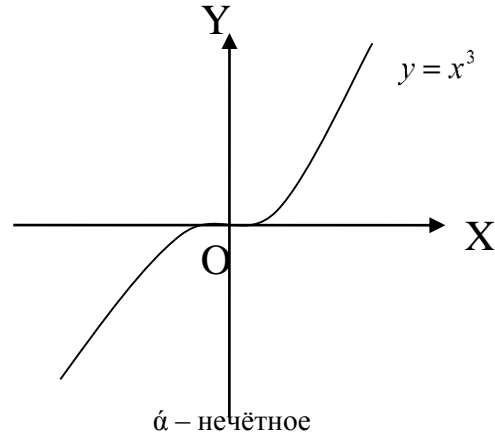
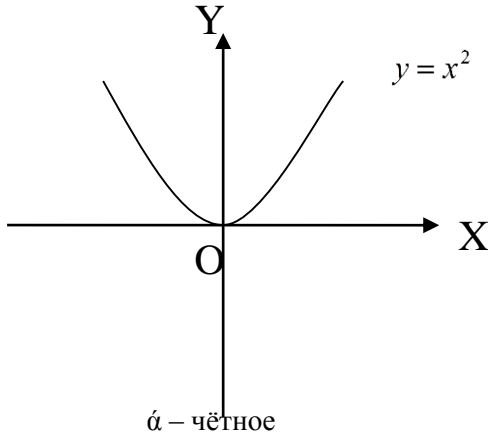
Функция $y = f(x)$, заданная на симметричном относительно начала координат промежутке называется четной, если для любого значения x из этого промежутка имеет место равенство $f(-x) = f(x)$.

Функция $y = f(x)$, заданная на симметричном относительно начала координат промежутке называется нечетной, если для любого значения x из этого промежутка имеет место равенство $f(-x) = -f(x)$.

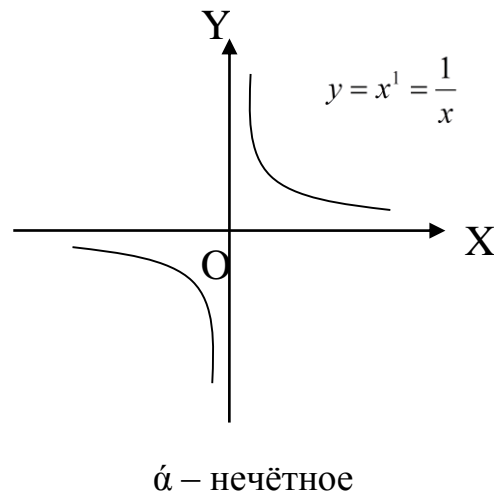
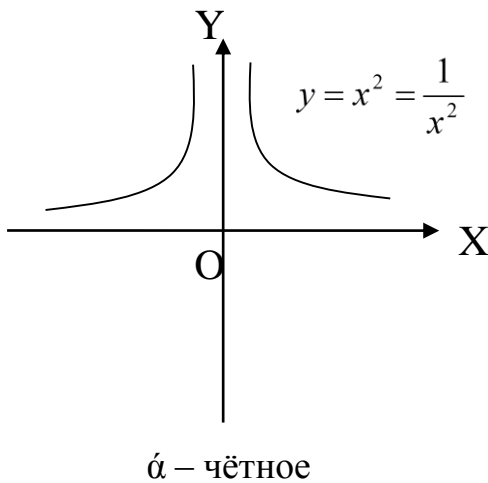
Элементарные функции и их графики

1. Степенная функция $y = x^\alpha$, $\alpha \in R$

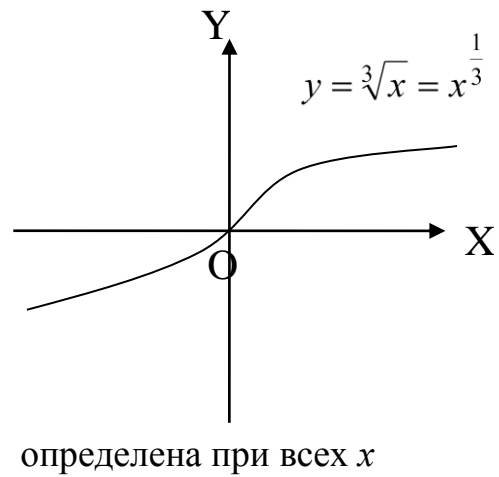
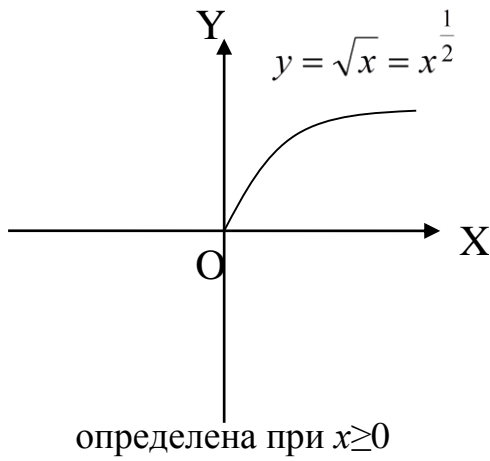
Если α – целое положительное число, то степенная функция определена при всех значениях x : $-\infty < x < \infty$



Если α – целое отрицательное число, то степенная функция определена при всех значениях x , кроме $x = 0$



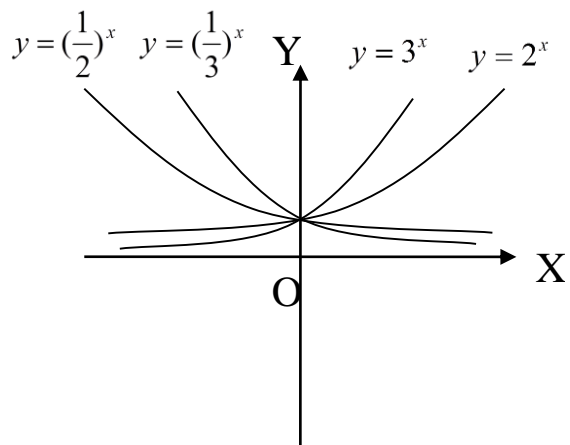
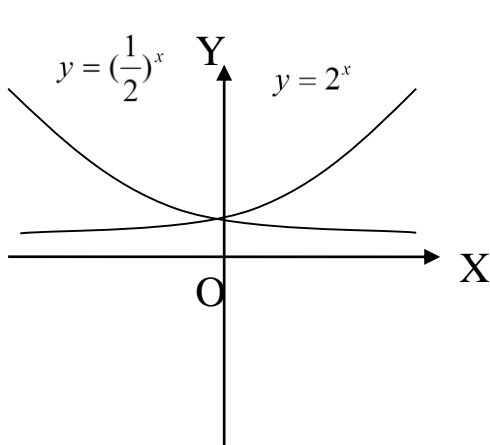
Графики степенной функции при некоторых дробно-рациональных значениях α изображены на следующих рисунках:



2. Показательная функция $y = x^a, a > 0, a \neq 1, a \in R$

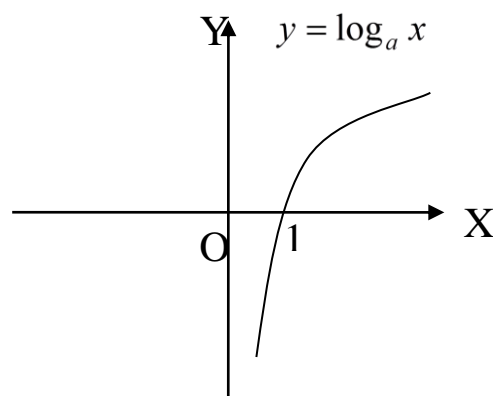
Показательная функция определена при всех значениях x :

$$-\infty < x < \infty$$



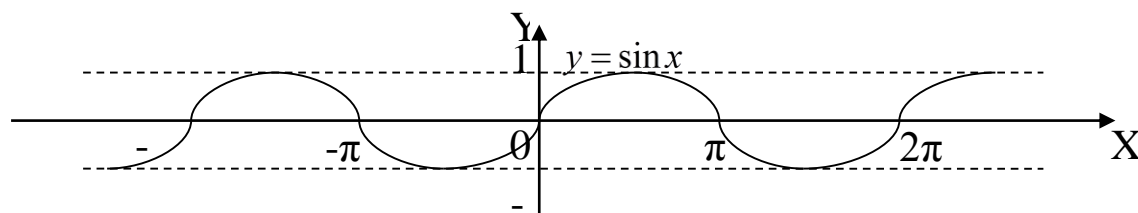
3. Логарифмическая функция $y = \log_a x$

Логарифмическая функция определена при $x > 0$

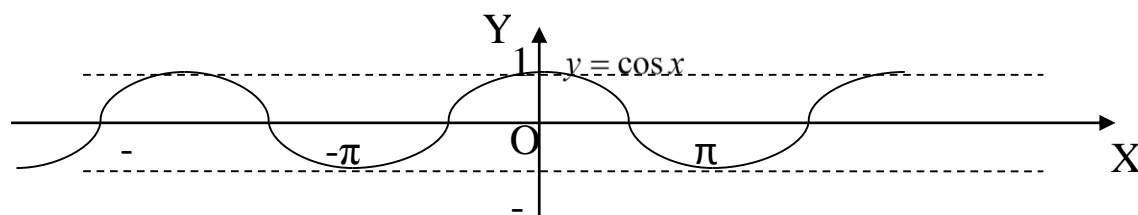


4. Тригонометрические функции

$y = \sin x$ – определена при всех значениях x , периодическая с периодом $T = 2\pi$.



$y = \cos x$ – определена при всех значениях x , периодическая с периодом $T = 2\pi$.



Разложение функции в ряд Тейлора

Тейлор (1685–1731) – английский математик.

Пусть функция $f(x)$ имеет в точке $x = a$ и некоторой ее окрестности производные до порядка $(n+1)$ включительно. Найдем многочлен $P_n(x)$ степени не выше n по степеням $(x - a)$ с коэффициентами C_i .

$$P_n(x) = C_0 + C_1(x-a) + C_2(x-a)^2 + \dots + C_n(x-a)^n,$$

значение которого, в точке $x = a$ равно значению функции $f(x)$, а значения его производных до n -ого порядка равно значениям соответствующих производных функции в точке

$$f(x+C) = f(x) \quad \text{или} \quad f(x-C) = f(x):$$

$$P_n(a) = f(a); \quad P'_n(a) = f'(a); \quad P''_n(a) = f''(a); \quad \dots \quad P_n^{(n)}(a) = f^{(n)}(a).$$

Для вычисления неопределенных пока коэффициентов C_i находим производные от многочлена $P_n(x)$:

или в развернутом виде

$$f(x) = f(a) + \frac{f'(a)}{1!}(x-a) + \frac{f''(a)}{2!}(x-a)^2 + \dots + \frac{f^{(n)}(a)}{n!} + R_{n+1}(x).$$

Это выражение называется формулой Тейлора,

а $R_{n+1}(x)$ – остаточным членом.

Остаточный член $R_{n+1}(x)$ является бесконечно малой функцией при $x \rightarrow a$, причем более высокого порядка, чем $(x-a)^m$.

Разложение функции в ряд Маклорена

Колин Маклорен (1698-1746) шотландский математик.

Формулой Маклорена называется формула Тейлора при $a = 0$:

$$f(x) = f(0) + \frac{f'(0)}{1!}(x-0) + \frac{f''(0)}{2!}(x-0)^2 + \dots + \frac{f^{(n)}(0)}{n!} + R_{n+1}(x)$$

Таким образом, ряд Маклорена является частным случаем ряда Тейлора. Следует отметить, что при разложении функции в ряд применение формулы Маклорена предпочтительнее, чем применение непосредственно формулы Тейлора, так как вычисление значений производных в нуле проще, чем в какой-либо другой точке.

Разложение различных функций по формулам Тейлора и Маклорена приводится в специальных таблицах. Полученная формула позволяет находить значения любых функций с любой степенью точности.

§ 2.2. Научные основы метрологии, используемой в криминалистике

Наличие в судебных криминалистических лабораториях средств измерений требует владения измерительными методами. Вопросами теории и практики обеспечения единства измерений занимается метрология. Метрологический контроль и надзор – деятельность, осуществляемая органом Государственной метрологической службы (государственный метрологический контроль и надзор) в целях проверки соблюдения установленных метрологических правил и норм.

*Предмет и задачи метрологии.
Криминалистическая метрология*

Метрология – наука об измерениях физических величин, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Средством метрологии является совокупность измерений и метрологических стандартов, обеспечивающих требуемую точность.

Выделяют несколько основных направлений метрологии:

1. Общая теория измерений;
2. Системы единиц физических величин;
3. Методы и средства измерений;
4. Методы определения точности измерений;
5. Основы обеспечения единства измерений, а также основы единообразия средств измерения;
6. Эталоны и образцовые средства измерений;

Важным понятием в науке метрологии является единство измерений, под которым подразумевают такие измерения, при которых итоговые данные получаются в узаконенных единицах, в то время как погрешности данных измерений получены с заданной вероятностью.

Понятие измерения. Классификация измерений

Классификация измерений может проводиться по следующим критериям:

| Классификация измерений | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|---|---------------------------------|---|--|
| <i>Характеристика точности</i> | <i>Количество измерений</i> | <i>Тип измерения величины измерения</i> | <i>Назначение измерения</i> | <i>Способ представления результатов</i> | <i>Методы получения результатов</i> |
| равноточные; неравноточные | однократные; многократные (>3) | статические; динамические | технические; метрологические | абсолютные; относительные | прямые; косвенные; совокупные; совместные |

Дадим краткую характеристику классификационным группам.

Равноточными измерениями физической величины называется ряд измерений некоторой величины, сделанных при помощи средств измерений (СИ), обладающих одинаковой точностью, в идентичных исходных условиях.

Неравноточными измерениями физической величины называется ряд измерений некоторой величины, сделанных при помощи средств измерения, обладающих разной точностью, и (или) в различных исходных условиях.

Однократное измерение – это измерение одной величины, сделанное один раз.

Многократные измерения (>3) – это измерение одной или нескольких величин, выполненное четыре и более раз. Результатом многократного измерения является среднее арифметическое результатов всех проведенных измерений. При многократных измерениях снижается погрешность.

Статические измерения – это измерения постоянной, неизменной физической величины (длина земельного участка).

Динамические измерения – это измерения изменяющейся, непостоянной физической величины (температура окружающей среды).

Технические измерения – это измерения, выполняемые техническими средствами измерений.

Абсолютные измерения – это измерения, которые выполняются посредством прямого, непосредственного измерения основной величины и (или) применения физической константы.

Относительные измерения – это измерения, при которых вычисляется отношение однородных величин, причем числитель является сравниваемой величиной, а знаменатель – базой сравнения (единицей). Результат измерения будет зависеть от того, какая величина принимается за базу сравнения.

Прямые измерения – это измерения, выполняемые при помощи мер, то есть измеряемая величина сопоставляется непосредственно с ее мерой. Примером прямых измерений является измерение величины угла (мера – транспортир).

Косвенные измерения – это измерения, при которых значение измеряемой величины вычисляется при помощи значений, полученных посредством прямых измерений, и некоторой известной зависимости между данными значениями и измеряемой величиной.

Размеры и единицы физических величин

Объектом измерения для метрологии, как правило, являются физические величины. Физические величины используются для характеристики различных объектов, явлений и процессов. Разделяют основные и производные от основных величин.

Семь основных и две дополнительных физических величины установлены в Международной системе единиц. Это длина, масса, время, термодинамическая температура, количество вещества, сила света и сила электрического тока, дополнительные единицы – это радиан и стерадиан.

У физических величин есть качественные и количественные характеристики.

Качественное различие физических величин отражается в их размерности. Обозначение размерности установлено международным стандартом ИСО¹, им является символ \dim .

Таким образом, размерность длины, массы и времени:

$$\dim l = L, \quad \dim m = M, \quad \dim t = T.$$

Количественная характеристика объекта измерения – это его размер, полученный в результате измерения.

Средства измерений и их характеристики

В научной литературе средства технических измерений делят на три большие группы. Это: меры, калибры и универсальные средства измерения, к которым относятся измерительные приборы, контрольно-измерительные приборы (КИП), и системы.

1. Мера представляет собой такое средство измерений, которое предназначается для воспроизведения физической величины положенного размера. К мерам относятся плоскопараллельные меры длины (плитка) и угловые меры.

2. Калибры представляют собой некие устройства, предназначение которых заключается в использовании для контролирования и поиска в нужных границах размеров, взаиморасположения поверхностей и формы деталей. Как правило, они подразделяются на: гладкие предельные калибры (скобы и пробки), а также резьбовые калибры, к которым относятся резьбовые кольца или скобы, резьбовые пробки.

¹ ИСО – Международная организация по стандартизации (ISO). Разработчик и издатель международных стандартов.

3. Универсальные средства измерения, предназначение которых находится в использовании для определения действительных размеров.

Средство измерения (СИ) – это техническое средство или совокупность средств, применяющееся для осуществления измерений и обладающее нормированными метрологическими характеристиками. При помощи средств измерения физическая величина может быть не только обнаружена, но и измерена.

Стандартизация и сертификация технических средств, используемых в экспертно-криминалистической деятельности

Стандартизация – это один из видов деятельности по установлению норм, правил и характеристик в целях обеспечения:

- экономии всех видов ресурсов;
- безопасности продукции, работ и услуг для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества;
- безопасности хозяйственных объектов с учётом риска возникновения природных и техногенных катастроф и других чрезвычайных ситуаций;
- технической и информационной совместимости, а также взаимозаменяемости продукции;
- качества продукции, работ и услуг в соответствии с уровнем развития науки, техники и технологии;
- единства измерений;
- обороноспособности и мобилизационной готовности страны.

Стандартом называется документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, поверки, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг.

Сертификация – подтверждение соответствия качественных характеристик товара стандартам качества (процедура получения сертификата).

Объектами сертификации являются: продукция; работы (услуги); системы менеджмента; персонал.

Калибровка средств измерений – совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений².

Государственный метрологический контроль

Метрологическая служба – совокупность субъектов деятельности и видов работ, направленных на обеспечение единства измерений.

Метрологический контроль и надзор – деятельность, осуществляемая органом Государственной метрологической службы (государственный метрологический контроль и надзор) или метрологической службой юридического лица, в целях проверки соблюдения установленных метрологических правил и норм.

Паспортизация, поверка, юстировка технических средств

Паспорт средства измерения – карточка в каталоге средств измерений.

| <i>Завод изготовитель</i> | <i>Заводской номер</i> | <i>Инвентар. номер</i> | <i>Тип или система</i> | <i>Пределы измерений</i> | <i>Цена деления шкалы</i> | <i>Класс или допустимая погрешность</i> |
|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|---|
| | | | | | | |

Результаты периодических поверок (калибровок)

| <i>Дата поверки</i> | <i>№ протокол</i> | <i>Заключение (годен – нег.)</i> | <i>Подпись проверяющего</i> | <i>Местонахождение прибора</i> | <i>Дата поверки</i> | <i>№ проток</i> | <i>Заключение (годен – негод.)</i> | <i>Подпись проверяющего</i> | <i>Местонахождение прибора</i> |
|---------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| | | | | | | | | | |

Поверка средств измерений – совокупность операций, выполняемых органами Государственной метрологической службы с целью

² ФЗ РФ № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008

определения и подтверждения соответствия средств измерений установленным техническим требованиям.

Средства измерений подвергаются первичной, периодической, внеочередной и инспекционной поверке.

Поверка в рамках метрологической экспертизы, производимой по поручению органов суда, прокуратуры, арбитражного суда и федеральных органов исполнительной власти, проводится по их письменному требованию. По результатам поверки составляют заключение, которое утверждает руководитель органа Государственной метрологической службы, и направляют его заявителю. Один экземпляр заключения должен храниться в органе Государственной метрологической службы, проводившем поверку.

Юстировка – совокупность операций по доведению погрешностей СИ до значений, соответствующих техническим требованиям.

§ 2.3. Элементы математической обработки и результатов измерений

Результатами измерений содержат ошибки измерения, их следует правильным образом математически обработать и оформить. Большое число случайных величин, измеряемых на практике, имеет нормальный закон распределения или закон Гаусса, в связи с этим нормальное распределение имеет прикладное значение. Теория ошибок – раздел математической статистики об ошибках (погрешностях) измерений.

Нормальный закон распределения непрерывной случайной величины

Закон распределения вероятностей непрерывной случайной величины называется нормальным или законом Гаусса, если функция плотности этой величины имеет вид:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}},$$

где m и σ – некоторые постоянные, называемые параметрами нормального распределения.

Найдем функцию распределения нормального закона. Получим

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(t)dt = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}} dt = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}} dt.$$

Найдем числовые характеристики нормально распределенной случайной величины. По определению

$$M(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot f(x) dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot \ell^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} dx.$$

Введем новую переменную по формуле $z = \frac{x-m}{\sigma}$. Тогда $x = \sigma z + m$, а $dx = \sigma dz$, причем, очевидно, что пределы интегрирования остаются теми же. Итак, получаем

$$M(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} (\sigma z + m) \cdot \ell^{-\frac{z^2}{2}} dz = \frac{\sigma}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} z \cdot \ell^{-\frac{z^2}{2}} dz + \frac{m}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \ell^{-\frac{z^2}{2}} dz.$$

Первый из интегралов в правой части полученного равенства равен нулю как интеграл от нечетной функции в симметричных пределах, а второй интеграл – это интеграл Пуассона, который равен $\sqrt{2\pi}$. Следовательно,

$$M(X) = \frac{m}{\sqrt{2\pi}} \cdot \sqrt{2\pi} = m.$$

Таким образом, параметр m нормального распределения равен математическому ожиданию соответствующей случайной величины, то есть

$$m = M(X).$$

Учтем полученный результат при нахождении дисперсии:

$$D(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - M(X))^2 \cdot f(x) dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} (x - m)^2 \cdot \ell^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} dx$$

Введем новую переменную по формуле $z = \frac{x-m}{\sigma}$. В результате чего получим

$$D(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \sigma^2 z^2 \cdot \ell^{-\frac{z^2}{2}} \sigma dz = \frac{\sigma^2}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} z^2 \cdot \ell^{-\frac{z^2}{2}} dz.$$

Далее, после применения формулы интегрирования по частям, получим

$$D(X) = \frac{\sigma^2}{\sqrt{2\pi}} \left(-z \cdot \ell^{-\frac{z^2}{2}} \Big|_{-\infty}^{+\infty} + \int_{-\infty}^{+\infty} \ell^{-\frac{z^2}{2}} dz \right).$$

Первое слагаемое в скобках равно нулю, так как $\lim_{z \rightarrow \pm\infty} \left(z \cdot e^{-\frac{z^2}{2}} \right) = 0$ по правилу Лопиталя, а второе слагаемое, уже известный интеграл Пуассона, равно $\sqrt{2\pi}$.

$$\text{Отсюда } D(X) = \frac{\sigma^2}{\sqrt{2\pi}} \cdot \sqrt{2\pi} = \sigma^2.$$

Итак, дисперсия нормально распределенной случайной величины X равна квадрату второго параметра, то есть $D(X) = \sigma^2$, а следовательно, сам второй параметр определяет среднеквадратическое отклонение. В дальнейшем, для нормально распределенной случайной величины будем использовать следующие обозначения: $M(X) = m$ и $D(X) = \sigma^2$.

Параметры нормального распределения имеют простую геометрическую интерпретацию. Для того чтобы это понять исследуем функцию плотности и построим ее график. Исследование будем проводить по общей схеме из классического математического анализа.

$$\text{Итак, исследуется функция } f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}.$$

1. Областью определения функции $f(x)$ является вся вещественная прямая.

2. Функция $f(x)$ может принимать только положительные значения, так как показательная функция не может принимать отрицательные значения, а среднеквадратическое отклонение и арифметический корень также отрицательными быть не могут.

3. Ось абсцисс является горизонтальной асимптотой, так как

$$\lim_{x \rightarrow \pm\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{1}{e^{\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot 0 = 0.$$

4. Функция $f(x)$ в точке $x = m$ имеет экстремум, равный

$$f(m) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(m-m)^2}{2\sigma^2}} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^0 = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}.$$

Для доказательства возьмем первую производную и приравняем ее к нулю, получим

$$f'(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \cdot \left(-\frac{(x-m)}{\sigma^2} \right) = 0 \Rightarrow x = m.$$

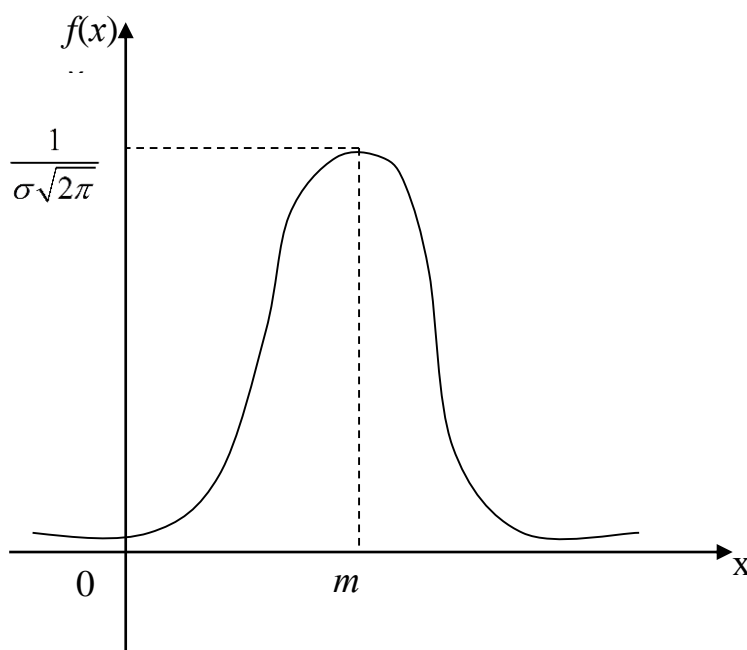
При переходе через точку $x = m$ производная меняет знак с плюса на минус. Следовательно, в точке $x = m$ функция $f(x)$ имеет максимум.

Кроме этого, очевидно, что на промежутке $(-\infty; m)$ функция $f(x)$ возрастает, а на промежутке $(m; +\infty)$ функция $f(x)$ убывает.

5. График функции $f(x)$ симметричен относительно прямой $x = m$.

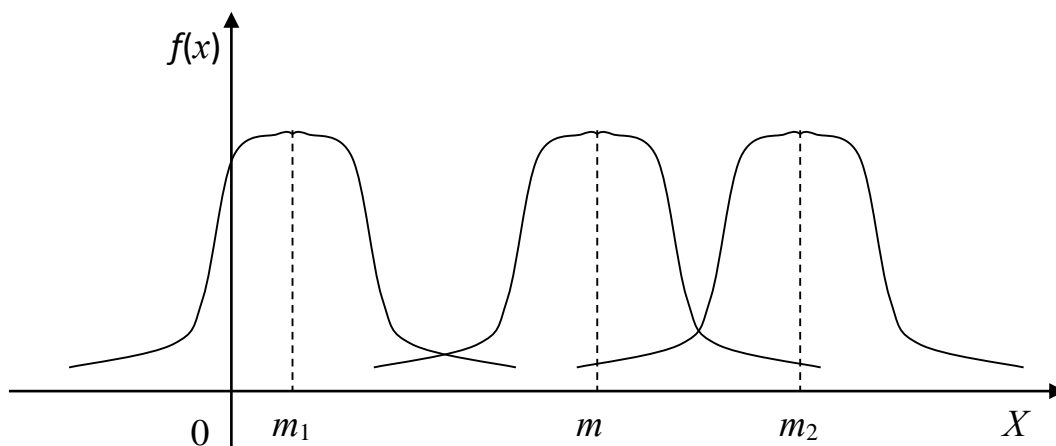
6. График функции $f(x)$ в точках $x = m \pm \sigma$ имеет перегиб.

На основании полученного исследования строим график функции плотности нормального распределения $f(x)$. Кривая нормального распределения имеет симметричный холмообразный вид:

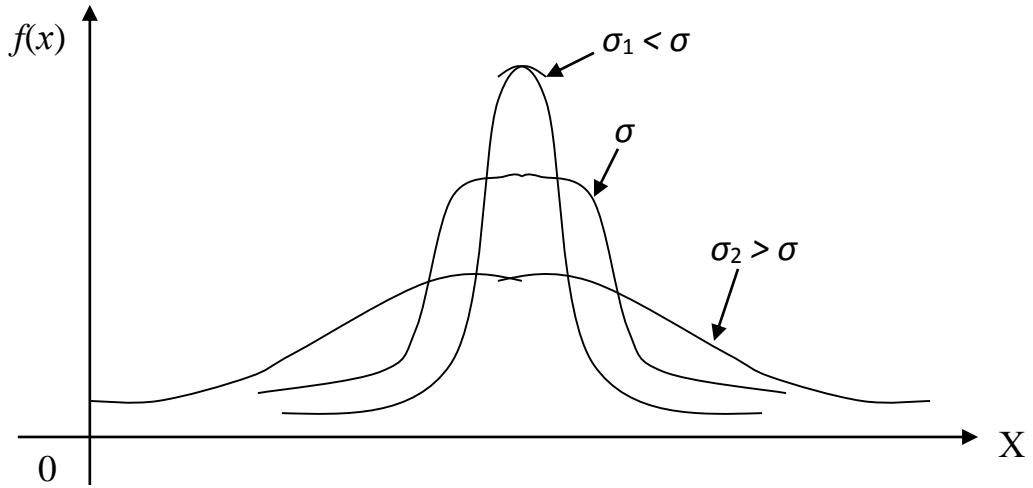


При изменении m кривая $f(x)$, не изменяя своей формы, будет смещаться вдоль оси абсцисс влево или вправо, в зависимости от того уменьшаться или увеличиваться будет число m .

При $m_2 < m < m_1$ получим следующие графики



При изменении σ будет меняться масштаб кривой по обеим осям. При этом график функции будет либо вытягиваться вверх (при уменьшении σ), либо кривая будет становиться более плоской, растягиваясь вдоль оси абсцисс (при увеличении σ):



*Стандартное нормальное распределение. Функция Лапласа.
Вероятность попадания в интервал*

Стандартным нормальным распределением называется нормальное распределение с математическим ожиданием $m = 0$ и стандартным отклонением $\sigma = 1$.

Функция плотности стандартной нормально распределенной случайной величины равна

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}.$$

Итак, формула определяет функцию плотности распределения случайной величины, где X – случайная величина, распределенная по нормальному закону с параметрами t и σ . Значения функции

$$f(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}}$$

приведены в соответствующей таблице.

Вычислим вероятность попадания нормально распределенной случайной величины на некоторый интервал (a, b) . Но прежде напомним определение некоторой специальной функции.

Функцией Лапласа или интегралом вероятностей $\Phi(x)$ называется следующий определенный интеграл

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

Интеграл в формуле не выражается через элементарные функции, но для нахождения значений функции $\Phi(x)$ существует своя таблица.

Функция Лапласа обладает следующими свойствами:

1. $\Phi(0) = 0$;
2. $\Phi(-x) = -\Phi(x)$ – функция нечетная;
3. $\Phi(-\infty) = -0,5$; $\Phi(+\infty) = 0,5$.

Вероятность попадания нормально распределенной случайной величины $m = 0$ на интервал (a, b) может быть вычислена по формуле:

$$P(a < X < b) = \Phi\left(\frac{b-m}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{a-m}{\sigma}\right).$$

Функцию распределения $F(x)$ можно выразить через функцию Лапласа, а именно

$$F(x) = P(-\infty < X < x) = \Phi\left(\frac{x-m}{\sigma}\right) - \Phi(-\infty) = \Phi\left(\frac{x-m}{\sigma}\right) - \left(-\frac{1}{2}\right) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)$$

Правило трех сигм

Правило трёх сигм: пусть случайная величина X распределена по нормальному закону, тогда отклонение этой величины от своего математического ожидания по абсолютной величине практически не превышает утроенного среднеквадратического отклонения.

По этому правилу считают, что возможные значения нормально распределенной случайной величины практически не выходят за пределы интервала $[m - 3\sigma, m + 3\sigma]$. Поэтому функцию плотности, в основном, и строят на этом интервале. Кроме этого, «правило трех сигм» может быть применено и для установления закона распределения некоторой случайной величины.

Так, например, если закон распределения случайной величины X неизвестен, само правило для этой величины выполняется, то есть основания предположить, что случайная величина X распределена по нормальному закону.

Использование нормального закона при обработке результатов измерений

Особая роль, которую играет нормальный закон распределения при обработке результатов измерений, связана с одним его замечательным свойством. Оказывается, что сумма достаточно большого числа независимых случайных величин, подчиняющихся каким угодно законам распределения, приближенно описывается нормальным законом распределения, причем тем точнее, чем больше число случайных величин суммируется.

Причины возникновения ошибок измерения

Одной из задач экспертного исследования, является измерение численных значений наблюдаемых физических величин.

Измерением называется операция сравнения величины исследуемого объекта с величиной единичного объекта. Так, например, за единицу длины принят метр, и в результате измерения длины некоторого отрезка определяется, сколько метров содержится в этом отрезке.

В задачу измерений входит оценка допущенной погрешности.

Погрешность измерения – оценка отклонения измеренного значения величины от её истинного значения.

Теория ошибок – математико-статистическая теория, содержащая рациональные способы обработки результатов измерений.

В зависимости от признака группировки разные погрешности сводятся к следующей классификации:

1. По форме представления.

Абсолютная погрешность – Δx является оценкой абсолютной ошибки измерения. Величина этой погрешности зависит от способа её вычисления, который, в свою очередь, определяется распределением случайной величины $X_{изм}$. При этом неравенство:

$$\Delta x > |X_{изм} - X_{ист}|,$$

где $X_{ист}$ – истинное значение, а $X_{изм}$ – измеренное значение, должно выполняться с некоторой вероятностью близкой к 1. Если случайная величина $X_{изм}$ распределена по нормальному закону, то, обычно, за абсолютную погрешность принимают её среднеквадратичное отклонение.

Относительная погрешность – погрешность измерения, выраженная отношением абсолютной погрешности измерения к действительному (истинному) или измеренному значению измеряемой величины (РМГ 29-99):

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{x_{true}}, \quad \delta_x = \frac{\Delta x}{x_{meas.}}$$

Относительная погрешность является безразмерной величиной, либо измеряется в процентах.

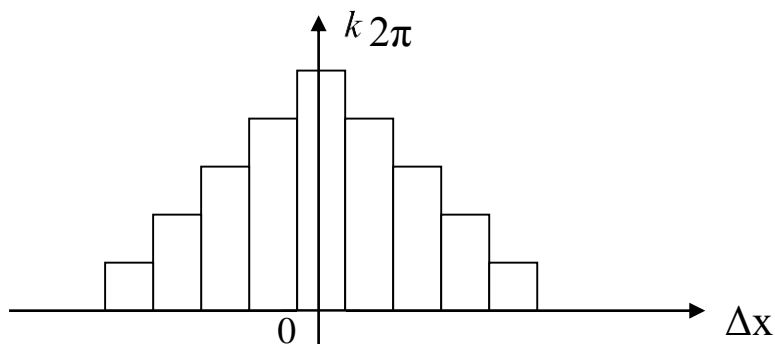
2. По характеру проявления.

Погрешности физических измерений принято подразделять на систематические, случайные и грубые.

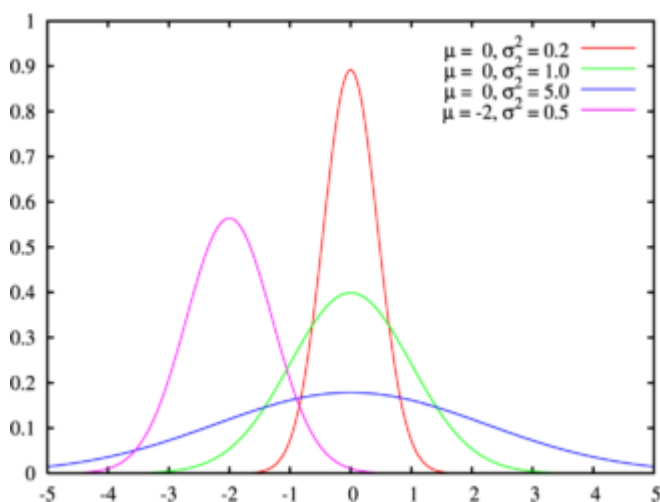
Величина систематической погрешности прибора указывается в его техническом паспорте.

Случайные погрешности подчинены нормальному закону распределения. Убедимся в этом следующим образом.

Пусть минимальный интервал значений измеряемой величины, через который ведутся отсчеты (цена деления прибора), будет h , а среднее арифметическое всех результатов измерений пусть будет \bar{x} . Обозначим через k_i число тех результатов, которые отклонились от среднего \bar{x} на величину $\Delta x = ih$. Отложив по оси абсцисс величину абсолютных погрешностей Δx , а по оси ординат значения k , получим ступенчатый график, называемый гистограммой:



Если устремить число измерений к бесконечности, а интервал X_n – к нулю, то гистограмма переходит в пределе в непрерывную кривую, которая является кривой распределения погрешностей. Эта кривая представляет собой график функции Гаусса (нормальный закон), имеющей следующий вид:



где параметр σ определяет ширину распределения. Несколько кривых Гаусса для разных значений параметра σ показаны на рисунке.

Грубые погрешности или промахи – это третий тип погрешностей, с которыми приходится иметь дело. Под грубой погрешностью измерения понимается погрешность, существенно превышающая ожидаемую при данных условиях. Она может быть сделана вследствие неправильного применения прибора, неверной записи показаний прибора.

Контрольные вопросы

1. Определение функции, свойства функции.
2. Перечислите элементарные функции.
3. В виде какого ряда представляется функция по формуле Тейлора?
4. Как связана формула Маклорена с формулой Тейлора?
5. Понятие науки метрология, термины метрологии.
6. Назовите 7 основных и 2 дополнительные физические величины.
7. Что такое стандартизация, сертификация, паспортизация, поверка, юстировка технических средств измерения?
8. Нормальный закон распределения.
9. Почему возникают ошибки измерений? Что такое «теория ошибок»?
10. Какому закону подчинены случайные ошибки измерений?

ОСНОВЫ СТРОЕНИЯ ВЕЩЕСТВА И ЕГО СВОЙСТВА

Внутренние свойства объекта экспертного исследования – это состав и структура его вещества или материала. Они используются в качестве источников информации при расследовании и доказывании преступлений. Изучением строения и свойств веществ занимается криминалистическая экспертиза материалов, веществ и изделий.

§ 3.1. Строение вещества: основные понятия и законы

Каждый отдельный вид материи называется веществом. Вещество имеет атомно-молекулярное строение. Атомы представляют собой сложные образования, построенные из более мелких структурных единиц. Существуют различные концепции строения атома, постулаты Н. Бора. Закон систематики химических элементов представлен в периодической таблице Менделеева. Химическая связь в молекуле может быть ионной или ковалентной.

Понятие вещества, молекулы, атома, химического элемента

Каждый отдельный вид материи, обладающий при данных условиях определенными физическими свойствами, называют веществом. Например, вода, железо, сера, известь, кислород являются веществами. Повседневно можно наблюдать, что вещества подвергаются различным изменениям. Явления, при которых из одних веществ образуются другие, новые вещества, называются химическими. Химия – это наука о превращениях веществ. Она изучает состав и строение веществ, зависимость свойств веществ от их состава и строения, условия и пути превращения одних веществ в другие.

Химические изменения всегда сопровождаются изменениями физическими. Поэтому химия тесно связана с физикой. Химия также связана и с биологией, поскольку биологические процессы сопровождаются непрерывными химическими превращениями.

Представление о том, что вещество состоит из отдельных очень малых частиц – атомная гипотеза – возникло еще в древней Греции. Однако создание научно обоснованного атомно-молекулярного учения стало возможным значительно позже – в XVIII–XIX вв.. Основы атомно-молекулярного учения впервые были изложены М. В. Ломоносовым в 1741 г. В настоящее время на атомно-молекулярном учении базируются все наши представления о строении материи, о свой-

ствах веществ и о природе физических и химических явлений. В основе атомно-молекулярного учения лежит принцип дискретности (прерывности строения) вещества: всякое вещество не является чем-то сплошным, а состоит из отдельных очень малых частиц. Различие между веществами обусловлено различием между их частицами; частицы одного вещества одинаковы. Частицы различных веществ различны. При всех условиях частицы вещества находятся в движении; чем выше температура тела, тем интенсивнее это движение.

Для большинства веществ частицы представляют собой молекулы. Молекула – наименьшая частица вещества, обладающая его химическими свойствами. Молекулы в свою очередь состоят из атомов.

Атом (*греч.* неделимый) – наименьшая возможная частица любого из простейших химических веществ, называемых элементами, носитель его свойств. В состав молекулы может входить различное число атомов. При этом атомы могут соединяться друг с другом не только в различных соотношениях, но и различным образом. Поэтому при сравнительно небольшом числе химических элементов число различных веществ очень велико.

Химический элемент – вид атомов, характеризующийся определенной совокупностью свойств.

Химические элементы встречаются на Земле далеко не в одинаковых количествах. Самым распространенным элементом земной коры является кислород. Второе место занимает кремний, затем следуют алюминий, железо, кальций, натрий, калий, магний и водород. Эти девять элементов составляют более 98% массы земной коры.

Далее мы познакомимся с различными предположениями о строении атома.

Строение атома. Постулаты Н. Бора

Существенный шаг в развитии представлений о строении атома сделал в 1913 г. Нильс Бор (Дания), исходя из ядерной модели атома. Основные положения своей теории Бор сформулировал в виде постулатов. Постулат – утверждение, принимаемое без доказательства. Постулаты Бора сводятся к следующему:

1. Электрон может вращаться вокруг ядра не по любым, а только по некоторым определенным круговым орбитам. Эти орбиты получили название стационарных.

2. Двигаясь по стационарной орбите, электрон не излучает электромагнитной энергии.

3. Излучение происходит при скачкообразном переходе электрона с одной стационарной орбиты на другую. При этом испускается или поглощается квант электромагнитного излучения, энергия которого равна разности энергии атома в конечном и исходном состояниях.

Теория Бора страдала внутренней противоречивостью. Например, где находится электрон в процессе перехода с одной орбиты на другую? Но все же она показала, что нельзя автоматически распространять законы природы, справедливые для больших тел – объектов макромира, на ничтожно малые объекты микромира – атомы, электроны. Поэтому и возникла задача разработки новой физической теории, пригодной для непротиворечивого описания свойств и поведения объектов микромира.

Эта задача была решена в 20-х гг. XX в., после возникновения и развития новой отрасли теоретической физики – квантовой или волновой механики.

Периодический закон Д. И. Менделеева

После утверждения атомно-молекулярной теории важнейшим событием в химии было открытие Д. И. Менделеевым в 1869 г. периодического закона. Менделеев был глубоко убежден, что между всеми химическими элементами должна существовать закономерная связь, объединяющая их в единое целое, и пришел к заключению, что в основу систематики элементов должны быть положена их атомная масса. Действительно, расположив все элементы в порядке возрастания атомных масс, Менделеев обнаружил, что сходные в химическом отношении элементы встречаются через правильные интервалы и что, таким образом, в ряду элементов многие их свойства периодически повторяются. Это замечательная закономерность получила свое выражение в периодическом законе: изменение свойств химических элементов по мере возрастания их атомной массы не совершается непрерывно в одном и том же направлении, а имеет периодический характер. Через определенное число элементов происходит как бы возврат назад, к исходным свойствам, после чего, в известной мере, вновь повторяются свойства предыдущих элементов в той же последовательности, но с некоторыми качественными и количественными различиями.

Ряды элементов, в пределах которых свойства изменяются последовательно, Менделеев назвал периодами. Периоды записываются один под другим. При таком расположении в вертикальные столбцы

попадают элементы, сходные по своим свойствам. Вертикальные столбцы в таблице называются группами. Периодическая система элементов Д. И. Менделеева состоит из десяти горизонтальных рядов и восьми вертикальных столбцов, или групп.

Понятие о валентности было введено в химию в середине XIX в. Связь между валентностью элемента и его положением в периодической системе была установлена Менделеевым. Валентность элемента – это способность его атомов соединяться с другими атомами в определенных соотношениях. За единицу валентности была принята валентность атома водорода. Валентность другого элемента можно при этом выразить числом атомов водорода, которое присоединяет к себе один атом этого другого элемента. Определенная таким образом валентность называется валентностью по водороду. Валентность химических элементов определяется номером группы (вертикального столбца) Периодической таблицы и обозначается той же римской цифрой.

Строение молекул. Понятие ионов. Виды связей в молекуле

Как уже говорилось, молекулой называется наименьшая частица однородного вещества, обладающая его основными химическими свойствами. Молекулы состоят из одинаковых или различных атомов, соединенных между собой межуатомными химическими связями. Химическая связь возникает благодаря взаимодействию электрических полей, создаваемых электронами и ядрами атомов, участвующих в образовании молекулы. Химическая связь в молекуле может быть ионной или ковалентной. Рассмотрим подробнее эти типы связей.

Как же образуются молекулы с ионной связью и что такое ионы? Электроны наружного слоя атома, наименее прочно связанные с его ядром, могут отрываться от атома и присоединяться к другим атомам, входя в состав их наружного слоя. Атомы, лишившиеся одного или нескольких электронов, становятся заряженными положительно, так как заряд ядра атома превышает сумму зарядов оставшихся электронов. Наоборот, атомы, присоединившие к себе лишние электроны, заряжаются отрицательно. Образующиеся заряженные частицы называются ионами. Ионная связь в молекуле осуществляется в результате взаимного электростатического притяжения противоположно заряженных ионов.

Наиболее характерным химическим свойством металлов является способность их атомов легко отдавать внешние электроны и пре-

вращаться в положительно заряженные ионы, а неметаллы, наоборот, характеризуются способностью присоединять электроны с образованием отрицательных ионов. Поэтому к типичным соединениям с ионным типом связи относятся такие, как $NaCl$, ZnS , $CsCl$, $NaOH$, KBr .

При образовании молекулы, состоящей из одинаковых атомов, например, молекулы H_2 , между электрически нейтральными атомами может осуществляться особый тип химической связи. Ковалентная связь – один из видов химической связи между двумя атомами, которая возникает путем образования электронной пары (по одному электрону от каждого атома), одновременно принадлежащей двум атомам. Типичными соединениями с ковалентным типом связи являются двухатомные молекулы H_2 , O_2 , N_2 .

§ 3.2. Свойства веществ

Основные свойства веществ на простейшем уровне это механические, тепловые, электрические, магнитные. Все вещества можно разделить по перечисленным свойствам. По электрическим свойствам полупроводники имеют электронно-дырочную проводимость. Полупроводники нашли широкое практическое применение в компьютерных технологиях исследования.

Механические свойства

Механические свойства материалов определяют их поведение под действием механической нагрузки (растяжение, сжатие, кручение, изгиб, удар).

Материал – вещество или смесь веществ, из которых изготавливается что-либо.

Основные механические свойства

| твердых тел | | | жидкостей |
|--|--|--|--|
| деформационные | прочностные | фрикционные | вязкость |
| жесткость, пластичность, ползучесть, твердость, предельные деформации при разрушении | предел прочности, долговечность, усталостная прочность, работа разрушения при ударном воздействии | коэффициент трения и износа | |
| справедлив закон Гука: напряжения пропорциональны деформациям | | справедлив закон Кулона: сила трения пропорциональна нормальной нагрузке | справедлив закон Ньютона: касательные напряжения пропорциональны скорости сдвига |

Типы материалов по механическим свойствам

| жесткие и хрупкие | твердые и пластичные | эластомеры | вязкопластичные среды | жидкие среды |
|---|---|--|---|--|
| чугуны, камни | пластмассы, мягкие стали, некоторые цветные металлы | резины | глины, пластичные смазки, бетонные смеси | жидкости, расплавы солей, металлов, полимеров |
| модуль Юнга $E > 10 \text{ ГПа}$ | модуль Юнга $E > 2 \text{ ГПа}$ | низкомодульные вещества – модуль Юнга $E = 0,1 - 2 \text{ МПа}$ | | |
| низкие разрывные удлинения (до неск. %) | большие разрывные удлинения | огромные обратимые деформации (сотни %) | неограниченные деформации, сохраняют приданную им форму после снятия нагрузки | необратимые деформации (течение), принимают заданную форму |

кой теплопроводностью, причем у разных металлов теплопроводность отличается. Жидкости обладают меньшей теплопроводностью, чем твердые тела, а газы меньшей, чем жидкости. По сравнению с твердыми телами газы являются теплоизоляторами:

металлы – др. тв. тела (стекло, полимеры) – жидкости – газы

→
ослабление теплопроводности

Электрические свойства

Электрические заряды органически входят в состав всех тел, поскольку атомы вещества построены из электронов (несут отрицательный заряд), протонов (несут положительный заряд) и нейтронов (заряд равен нулю). Обычно частицы, несущие заряды разных знаков, присутствуют в равных количествах и распределены равномерно, но если каким-либо образом вызвать их перераспределение, то в одной части тела возникает избыток зарядов одного знака, в другой – другого.

Разделение веществ по электрическим свойствам

| <i>Проводники</i> | <i>Изоляторы</i> | <i>Полупроводники</i> |
|---|------------------------------------|-----------------------|
| металлы: медь, алюминий (обл. миним. электр. сопротивлением); солевые, щелочные, кислотные растворы; плазма; вода (тоже растворены всевозможные соли) | стекло; фарфор; пластмассы; резина | кремний; германий |

Такая классификация обусловлена расположением электронов в атомах этих веществ.

Проводниками называются токопроводящие вещества, у которых электроны внешних оболочек находятся в общей собственности атомов кристаллической решетки и при подаче внешнего электрического напряжения начинают беспрепятственное упорядоченное движение, создавая, тем самым, электрический ток.

Изоляторами называются вещества, у которых электроны прочно привязаны к атомам или молекулам и не способны к свободному перемещению под воздействием приложенного извне электрического напряжения.

Изоляторы не имеют жесткой кристаллической структуры.

Полупроводниками называется категория химических веществ, занимающих промежуточное положение между металлами и изоляторами. Часть электронов этих веществ оказывается выбитой со своих внешних орбит в результате теплового движения по причине недостаточной энергии их связи с атомами. В результате, они все-таки обладают определенной электропроводностью под воздействием внешнего напряжения.

Характерным для полупроводников является не только величина проводимости, но и то, что их проводимость растет с повышением температуры (напомним, что у металлов она уменьшается).

Как выяснилось в результате исследований, электрическая проводимость в полупроводниках обусловлена не только движением свободных электронов – электронная проводимость. В полупроводниках наблюдается и второй тип проводимости – дырочная проводимость. Дырка – положительно заряженная ячейка кристаллической структуры, образующаяся при высвобождении электрона из кристаллической решетки полупроводника за счет теплового движения. Таким образом, электрический ток под внешним напряжением обусловлен не только движением электронов, но еще и направленной миграцией положительно заряженных дырок. Проводимость в полупроводниках получила название электронно-дырочной проводимости.

Проводящие свойства полупроводников легко и точно контролируются посредством изменения внешних условий (температуры).

Магнитные свойства

Магнетизм – фундаментальное свойство материи. Это физическое явление, при котором материалы оказывают притягивающую или отталкивающую силу на другие материалы на расстоянии.

С глубокой древности известно свойство постоянных магнитов (магнетита – магнитного железняка) притягивать железные предметы. Много веков среди мореплавателей существовала легенда о магнитной скале, которая якобы способна притянуть из слишком близко подплывшего к ней корабля железные гвозди и разрушить его. С магнитным полем взаимодействуют не только постоянные магниты, но и все остальные вещества. Развитие электромагнетизма позволило создать электромагниты более сильные, чем существующие в природе постоянные.

Каково же происхождение магнетизма? Исследователи установили, что электрические токи взаимодействуют между собой. Два прямолинейных параллельных проводника, по которым текут токи, притягивают друг друга, если токи в них имеют одинаковое направление, и отталкивают, если токи противоположны. Взаимодействие токов осуществляется через поле, которое называется магнитным полем. Это поле проявляется в том, что на движущиеся в нем заряды (токи) действуют силы, и само магнитное поле тоже возбуждается движущимися зарядами.

Все вещества (твердые, жидкие и газообразные) в зависимости от магнитных свойств делят на три группы: ферромагнитные, парамагнитные и диамагнитные.

Магнитная проницаемость – безразмерная физическая величины, характеризующая магнитные свойства среды (вещества).

Относительная магнитная проницаемость – отношение магнитной проницаемости среды к магнитной проницаемости вакуума.

Разделение веществ по магнитным свойствам

| <i>ферромагнетики</i> | <i>парамагнетики</i> | <i>диамагнетики</i> |
|---|---|---|
| железо, кобальт, никель, их сплавы | алюминий, олово, хром, марганец, платина, вольфрам, растворы солей железа | медь, серебро, золото, свинец, цинк, смола, вода, газы, воздух, органические и высокомолекулярные соединения |
| обладают высокой магнитной проницаемостью | относительная магнитная проницаемость ≥ 1 | относительная магнитная проницаемость ≤ 1 |
| хорошо притягиваются к магнитам | слабо притягиваются к магнитам | отталкиваются от магнитов |

Ферромагнитные материалы благодаря их способности намагничиваться широко применяют при изготовлении электрических машин, аппаратов и других электротехнических установок.

Контрольные вопросы

1. Понятие вещества, молекулы, атома, химического элемента.
2. Ядерная модель атома.
3. Основные постулаты Н. Бора.
4. Периодический закон Д. И. Менделеева.
5. Валентность элемента. Валентность по водороду.
6. Химическая связь.
7. Строение атома.
8. Понятие ионов. Ионная и ковалентная связи в молекуле.
9. Как определяют механические свойства материалов?
10. Какой закон справедлив для деформационных свойств, твердых тел?
11. Какой закон справедлив для фрикционных свойств, твердых тел?
12. Какой закон справедлив для механического свойства жидкостей?
13. На какие две характеристики разделяют тепловые свойства веществ?
14. Определение теплоемкости, удельной теплоемкости.
15. Определение теплопроводности, порядок ослабления теплопроводности.
16. Почему электрические заряды органически входят в состав всех тел?
17. Какие вещества относятся к проводникам?
18. Какие вещества относятся к изоляторам?
19. Какие вещества относятся к полупроводникам?
20. Что характерно для полупроводников при повышении температуры?
21. Какое название получила проводимость у полупроводников?
22. Определение магнетизма, магнитного поля.
23. На какие три группы разделяются вещества по магнитным свойствам?

ОСНОВЫ ОПТИКИ

Многие методы экспертного исследования внутреннего и внешнего строения объекта используют оптические средства. Также исследования проводятся даже с помощью простейшего средства – лупы. Лупа представляет собой двояковыпуклую, то есть собирающую, положительную линзу. Лупа является основным элементом большинства оптических средств.

Основы оптики посвящены изучению законов распространения и преобразования светового поля, то есть электромагнитного поля в оптическом диапазоне частот. Оптика состоит из двух больших частей – геометрической и физической оптики. Геометрическая оптика – наука о законах распространения света в оптических системах и формировании оптического изображения. Волновая оптика (физическая) – раздел оптики, объясняющий оптические явления на основе волновой природы света. Волновая оптика описывает такие оптические явления, как интерференция, дифракция, поляризация, дисперсия.

§ 4.1. Природа света. Основы фотометрии

Фотометрия – раздел оптики, в котором рассматриваются энергетические характеристики света. Таких величин три: световой поток (Φ), сила света (I) и освещенность (E).

Взгляды ученых на природу света с течением времени изменялись. С XVII в. шла борьба между приверженцами корпускулярной теории и волновой теории. Корпускулярно-волновой дуализм – это проявление взаимосвязи двух основных форм материи – вещества и поля.

Природа света

В конце XVII в. почти одновременно возникли две, казалось бы, взаимоисключающие теории света – теория истечения Ньютона и волновая теория Гюйгенса.

| <i>Ньютон</i> | <i>Гюйгенс</i> |
|---|--|
| <i>теория истечения</i> | <i>волновая теория</i> |
| свет представляет собой поток световых частиц (корпускул), летящих от светящегося тела по прямолинейным траекториям | свет это упругая волна, распространяющаяся в мировом эфире |

В течение ста лет корпускулярная теория имела гораздо больше приверженцев, чем волновая.

Заметим, что обе теории приводят к различной зависимости между показателем преломления и скоростью света в веществе.

В 1851 г. Фуко измерил скорость света в воде и получил значение, согласующееся с результатом из волновой теории. Таким образом, было получено экспериментальное доказательство справедливости волновой теории.

В 1864 г. Максвелл создал электромагнитную теорию света, согласно которой свет есть электромагнитная волна с длиной волны, заключающейся в пределах от 0,40 до 0,75 мк (микрон). Так на смену упругим световым волнам пришли электромагнитные волны.

В конце XIX и в начале XX в. ряд новых опытных фактов заставил вновь вернуться к представлению об особых световых частицах – фотонах. Было установлено, что свет имеет двойственную, корпускулярно-волновую природу, сочетая в себе как волновые свойства, так и свойства, присущие частицам.

Фотометрия – раздел оптики, связанный с измерением энергии, переносимой световой волной, или с измерением величин, связанных с энергией электромагнитных волн оптического диапазона.

С точки зрения фотометрии, свет – это излучение, способное вызывать ощущение яркости при воздействии на человеческий глаз. Такое ощущение вызывает излучение с длинами волн от ~0,38 до ~0,78 мкм, причем самым ярким представляется излучение с длиной волны около 0,555 мкм (желто-зеленого цвета). В 1931 г. Международная комиссия по освещению (МКО) ввела понятие «стандартного наблюдателя» для людей с нормальным восприятием. Этот эталон МКО – не что иное, как таблица значений относительной световой эффективности излучения с длинами волн в диапазоне от 0,380 до 0,780 мкм через каждые 0,001 мкм.

Яркость, измеренная в соответствии с эталоном МКО, называется фотометрической яркостью или просто яркостью.

Основные виды фотометрических измерений таковы:

- 1) сравнение силы света источников;
- 2) измерение полного потока от источника света;
- 3) измерение освещенности в заданной плоскости;
- 4) измерение яркости в заданном направлении;
- 5) измерение доли света, пропускаемой частично прозрачными объектами;
- 6) измерение доли света, отражаемой объектами.

Общие методы фотометрии

Существуют два общих метода фотометрии:

- 1) визуальная фотометрия, в которой при выравнивании механическими или оптическими средствами яркости двух полей сравнения используется способность человеческого глаза ощущать различия в яркости;
- 2) физическая фотометрия, в которой для сравнения двух источников света используются различные приемники света иного рода – вакуумные фотоэлементы, полупроводниковые фотодиоды.

Световой поток и освещенность

Световой поток это поток лучистой энергии, оцениваемый по зрительному ощущению.

Единицей измерения светового потока является люмен (*лм*).

Действие света на глаз (световое ощущение) в сильной степени зависит от длины волны. Наиболее чувствителен глаз к излучению с длиной волны 0,555 *мк* (зеленая часть спектра).

Степень освещенности некоторой поверхности падающим на нее световым потоком характеризуется освещенностью.

Освещенность E некоторой поверхности равна отношению светового потока $\Delta\Phi$ к величине этой поверхности ΔS :

$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta S} .$$

Единицей освещенности служит люкс (*лк*).

Законы освещенности

Наблюдения показывают, что освещенность, создаваемая точечным источником света, зависит от силы света I этого источника, расстояния r от источника до освещаемой поверхности и угла падения световых лучей (угла между падающим лучом и перпендикуляром к этой поверхности). Пусть E_0 – освещенность поверхности при пер-

пендикулярном падении на нее световых лучей, E – при любом другом угле падения. Опишем вокруг точечного источника с силой света I сферическую поверхность радиусом r . Освещенность внутренней стороны этой поверхности везде одинакова, и лучи падают перпендикулярно поверхности сферы.

Освещенность $E_0 = E_0 S$,

Φ_0 – полный световой поток,

S – площадь поверхности сферы,

$$\Phi_0 = 4\pi I, S = 4\pi r^2.$$

Поэтому

$$E_0 = 4\pi I / 4\pi r^2 \Rightarrow$$

$$E_0 = I / r^2$$

– первый закон освещенности: освещенность поверхности лучами, падающими на нее перпендикулярно, прямо пропорциональна силе света точечного источника и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника до освещаемой поверхности.

Пусть параллельный равномерно распределенный пучок света падает наклонно на поверхность S (рис. 4.1).

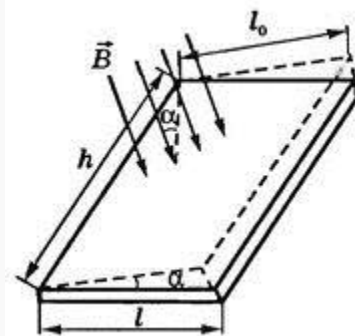


Рис.4.1

Ее освещенность

$$E = \Phi S.$$

Спроецируем поверхность S на плоскость, перпендикулярную падающим лучам, получим нормальную к лучам проекцию S_0 . Ее освещенность

$$E_0 = \Phi_0 S.$$

Из рисунка 4.1

$$\cos \alpha = l_0 / l = l_0 h / l h = S_0 / S.$$

Тогда

$$E / E_0 = S_0 / S = \cos \alpha.$$

Откуда

$$E = E_0 \cos \alpha$$

-- второй закон освещенности: освещенность поверхности параллельным световым пучком прямо пропорциональна косинусу угла падения.

Так как

$$E_0 = I / r_2,$$

то

$$E = I / r_2 \cos \alpha$$

– обобщенный закон освещенности.

§ 4.2. Геометрическая и волновая оптика

Оптика состоит из геометрической оптики и волновой оптики. Волновая оптика объясняет геометрические законы распространения света на основе волновой природы света.

С давних времен известны четыре основных закона оптических явлений:

- 1) закон прямолинейного распространения света;
- 2) закон независимости световых лучей;
- 3) закон отражения света;
- 4) закон преломления света.

Природные явления солнечного и лунного затмений также рассматриваются с оптической точки зрения. Дисперсия – разложение луча белого света в спектр – наглядно представляется с помощью стеклянной призмы Ньютона.

Законы отражения и преломления находят объяснение в волновой оптике, как следствие изменения скорости распространения волн при переходе из одной среды в другую.

Прямолинейное распространение света и световые лучи

Еще в глубокой древности ученые интересовались природой света. Что такое свет? Почему одни предметы цветные, а другие черные или белые? Опытным путем было установлено, что свет нагревает тела, на которые он падает, следовательно, он передает этим телам энергию.

Световое (оптическое) излучение создается источниками света. Источники света – тела, способные излучать свет.

Существуют естественные и искусственные источники света. К естественным источникам света относятся такие, как Солнце, звезды, полярные сияния, молния, различные светящиеся насекомые и растения. К искусственным источникам – лампы, свечи, экран телевизора.

Все источники можно разделить на собственные источники света или первичные и вторичные. К ним относятся тела, способные излучать световую энергию: спички, лазер. Вторичные источники света – это такие источники, которые отражают свет первичных источников, и поэтому видимы. Также все источники света можно поделить на точечные источники и протяженные источники.

Источники света излучают свет, который в геометрической оптике изображают с помощью луча.

Световой луч – это геометрическая линия, указывающая направление распространения света.

Реальный физический смысл имеют световые пучки конечной ширины. Световой луч можно рассматривать как ось светового пучка. Световой луч указывает направление переноса энергии световым пучком.

Закон прямолинейного распространения света гласит: свет в прозрачной однородной среде распространяется прямолинейно.

Тень – область пространства, в которую не попадает свет от источника.

Полутень – область пространства, в которую свет от источника попадает частично.

Если в качестве источника света взять большую, сравнительно с препятствием, лампу, размеры которой сравнимы с расстоянием от неё до экрана, то вокруг тени на экране образуется еще и частично освещенное пространство – полутень.

В грандиозных масштабах тень и полутень наблюдаются при солнечном и лунном затмениях. Солнечное затмение происходит в новолуние. Явление заключается в том, что Земля, Луна и Солнце оказываются почти на одной прямой. Тень Луны скользит по поверхности Земли.

Лунное затмение – это явление покрытия тенью Земли Луны. Лунное затмение наблюдается на всей ночной стороне Земли.

Почти до конца XVII столетия многие ученые считали, что свет распространяется мгновенно. Только Галилео Галилей считал, что свет имеет какую-то определенную скорость, хотя и очень большую.

Независимость световых лучей заключается в том, что пересечение лучей не мешает каждому из них распространяться независимо.

Законы отражения и преломления света

Рассмотрим падение световой волны на плоскую границу, разделяющую две прозрачные однородные диэлектрические среды. После прохождения границы раздела двух сред падающая волна (луч) разделяется на две волны: проходящую во вторую среду (луч) и отраженную (луч).

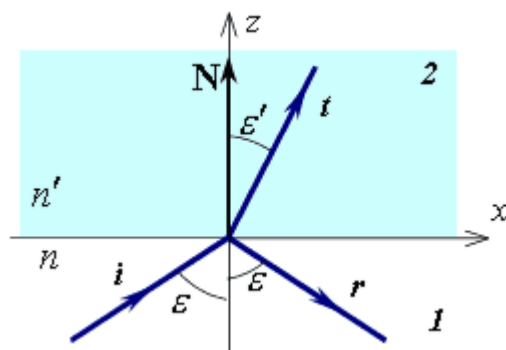
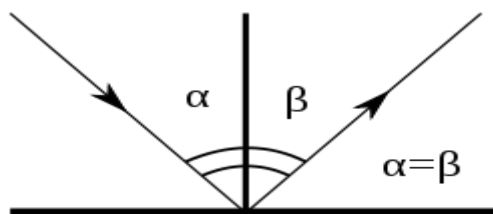


Рис 4.2 Отражение и преломление света на границе двух сред

Отражение – физический процесс взаимодействия волн или частиц с поверхностью, изменение направления волнового фронта на границе двух сред с разными свойствами, в которой волновой фронт возвращается в среду, из которой он пришёл.

Одновременно с отражением волн на границе раздела сред, как правило, происходит преломление волн.

Преломление – изменение направления волнового фронта на границе раздела двух сред, при переходе из одной среды в другую.



Закон отражения света: падающий и отраженный лучи, а также перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке

падения луча, лежат в одной плоскости (плоскость падения). Угол отражения γ равен углу падения α .

Закон преломления света: падающий и преломленный лучи, а также перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости. Отношение синуса угла падения α к синусу угла преломления β есть величина, постоянная для двух данных сред:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n.$$

Закон преломления был экспериментально установлен голландским ученым В. Снеллиусом (1621). Постоянную величину n называют относительным показателем преломления второй среды относительно первой. Показатель преломления среды относительно вакуума называют абсолютным показателем преломления. Относительный показатель преломления двух сред равен отношению их абсолютных показателей преломления:

$$n = n_2 / n_1.$$

Законы отражения и преломления находят объяснение в волновой физике. Согласно волновым представлениям, преломление является следствием изменения скорости распространения волн при переходе из одной среды в другую. Физический смысл показателя преломления – это отношение скорости распространения волн в первой среде v_1 к скорости их распространения во второй среде v_2 :

$$n = \frac{v_1}{v_2}.$$

Абсолютный показатель преломления равен отношению скорости света c в вакууме к скорости света v в среде:

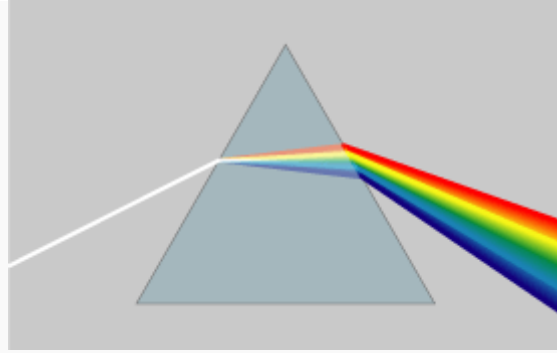
$$n = \frac{c}{v}.$$

Среду с меньшим абсолютным показателем преломления называют оптически менее плотной.

Если свет идет из среды оптически менее плотной в более плотную среду, то угол преломления всегда меньше угла падения.

Если свет идет из среды оптически более плотной в среду менее плотную, то угол преломления луча больше угла падения.

Понятие дисперсии



Разложение пучка света в спектр при прохождении стеклянной призмы (впервые сделал Ньютон) вследствие явления дисперсии света в стекле – нелинейности закона дисперсии для света в среде.

Дисперсией (впервые понятие появилось в оптике в связи с явлением разложения луча белого света в спектр при пропускании его Ньютоном через призму) называется различие коэффициента преломления определенной среды (например, стекла призмы) в зависимости от частоты или длины световой волны.

$$n = f(\lambda_0),$$

где λ_0 – длина световой волны в вакууме.

Дисперсия сопровождается спектральным разложением немонахроматического (белого) света на составляющие. Фиолетовые лучи отклоняются от первоначального направления сильнее, нежели красные, вследствие чего белый свет разлагается на составляющие.

Таким образом, именно нелинейный закон дисперсии для света в стекле приводит к классическому явлению дисперсии.

§ 4.3. Применение законов отражения и преломления для получения изображения

Одним из классов экспертной техники является техника для воспроизведения изображений. Она используется для увеличения изображений объектов криминалистической экспертизы. Линза – простейший оптический прибор, в котором находят применение законы отражения и преломления световых лучей, и с помощью которого можно получить увеличенное или уменьшенное изображение предмета. Линза является неизменной составной частью сложных оптических приборов.

Линзы

Линзы – это прозрачные тела, ограниченные криволинейными поверхностями. Чаще используют сферические линзы, у которых ограничивающими поверхностями являются сферы или сфера и плоскость. Различают линзы выпуклые и вогнутые (рис. 4.3). У выпуклых линз середина толще, чем края, у вогнутых, наоборот, середина тоньше краев.

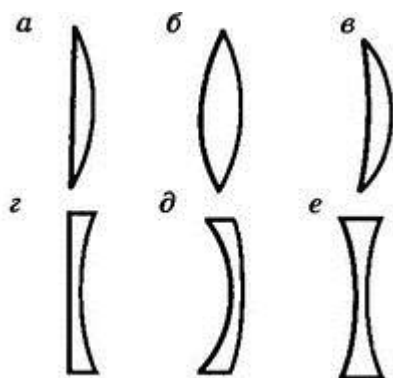


Рис. 4.3

Выпуклые линзы: *а* – плосковыпуклая, *б* – двояковыпуклая, *в* – вогнутовыпуклая.

Вогнутые линзы: *г* – плосковогнутая, *д* – выпукловогнутая, *е* – двояковогнутая.

Параллельный пучок после преломления в выпуклой (вогнутой) линзе станет сходящимся (расходящимся). Такие линзы называются собирающими (рассеивающими).

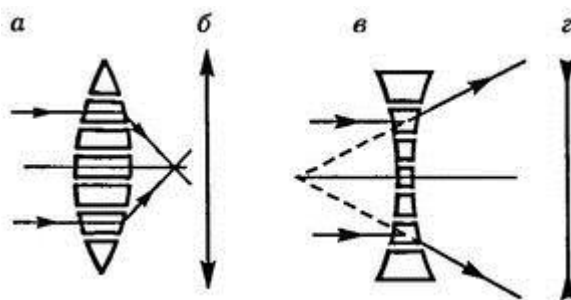


Рис. 4.4

Двояковыпуклую линзу можно получить путем пересечения поверхностей двух прозрачных шаров (рис. 4.5). C_1 и C_2 – центры шаровых поверхностей. У тонких линз точки O_1 и O_2 сливаются в точку O , которая называется оптическим центром линзы.

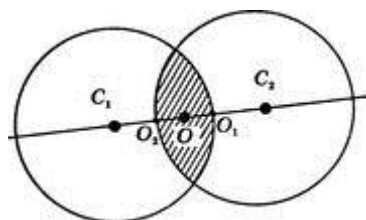


Рис. 4.5

Оптический центр линзы — точка, через которую лучи идут, не преломляясь. Любая прямая, проходящая через оптический центр, называется оптической осью. Оптическая ось, проходящая через центры сфер C_1 и C_2 , называется главной оптической осью.

Тонкую собирающую линзу условно обозначают так, как указано на рисунке 4.4 (б).

Лучи, параллельные главной оптической оси, после преломления пересекутся в одной точке F , лежащей на главной оптической оси (рис. 4.6). Эта точка называется главным фокусом линзы. У линзы два главных фокуса: передний и задний, так как она преломляет свет, падающий на нее с двух сторон. Оба эти фокуса расположены симметрично относительно точки O .

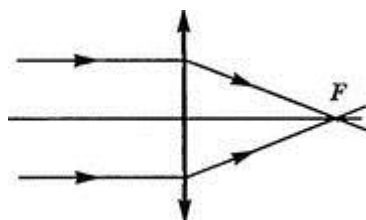


Рис. 4.6

Вогнутая линза рассеивает свет. Условное обозначение рассеивающей линзы указано на рисунке 4.4 (г). Фокус рассеивающей линзы — точка (рис. 4.7), в которой пересекаются продолжения преломленных лучей, если падающие лучи были параллельны главной оптической оси. У рассеивающей линзы фокус мнимый, так как в нем пересекаются не сами преломленные лучи, а их продолжения.

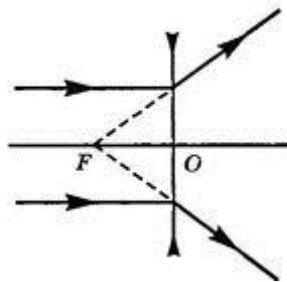


Рис. 4.7

Расстояние OF от оптического центра до фокуса называется фокусным расстоянием F .

Построение изображений в линзах

Световые лучи, идущие вблизи главной оптической оси, называют параксиальными (приосевыми).

Опыт показывает, что параксиальные лучи света, выходящие из одной светящейся точки, после прохождения через линзу сходятся также в одной точке, которая является изображением. Для построения изображения точки достаточно взять те лучи, ход которых после преломления заранее известен: 1 – луч, идущий через оптический центр; 2 – луч, параллельный главной оптической оси; 3 – луч, проходящий через передний фокус собирающей линзы (или продолжение луча 3 проходит через задний фокус рассеивающей линзы).

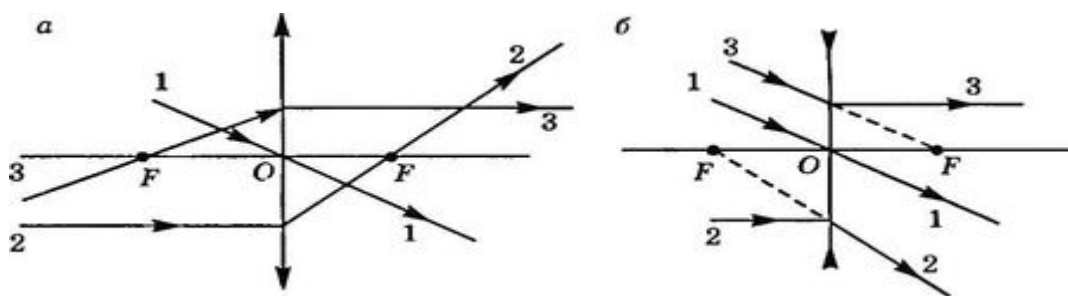


Рис. 4.8

Положение изображения действительного предмета и его размеры зависят от положения предмета относительно линзы. Пусть d – расстояние от предмета до линзы, f – расстояние от линзы до изображения. Построим изображение плоского предмета AB , расположенного на различных расстояниях d от линзы.

Если линза собирающая, то при $d > 2F$ (рис. 4.9) изображение действительное, перевернутое, уменьшенное, $F < f < 2F$.

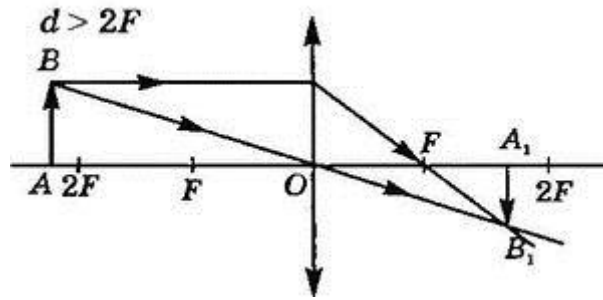


Рис. 4.9

При $F < d < 2F$ (рис. 4.10) изображение действительное, перевернутое, увеличенное, $f > 2F$.

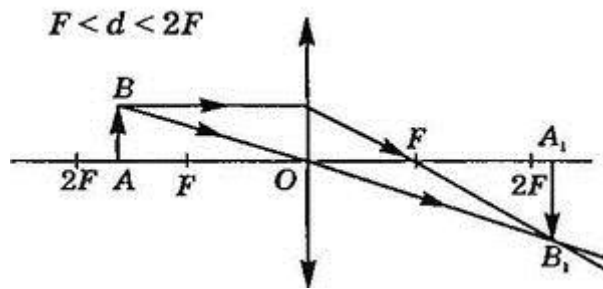


Рис. 4.10

При $d < F$ (рис. 4.11) изображение мнимое, прямое, увеличенное, находится с той же стороны от линзы, что и сам предмет, но дальше предмета ($f > d$).

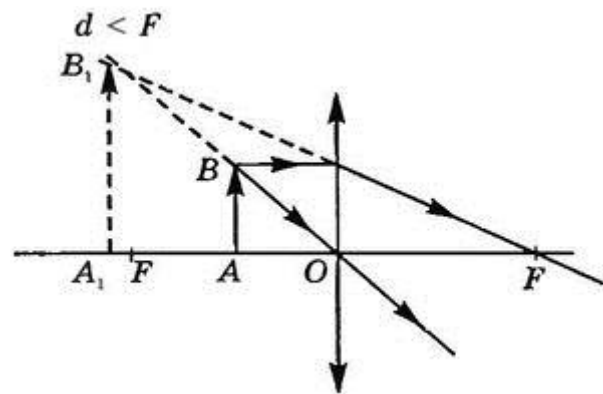


Рис. 4.11

В рассеивающей линзе (рис. 4.12) изображение предмета всегда мнимое, прямое, уменьшенное, находится между линзой и ее фокусом со стороны изображаемого предмета.

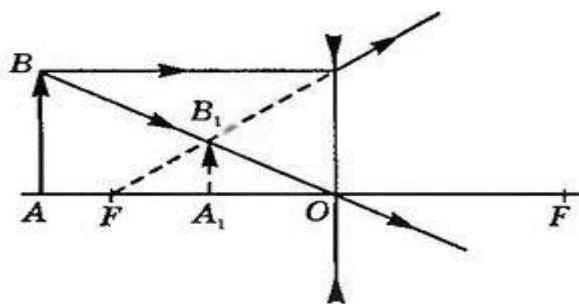


Рис. 4.12

Построение изображения точечного источника света расположенного на главной оптической оси, показано на рисунке 4.13:

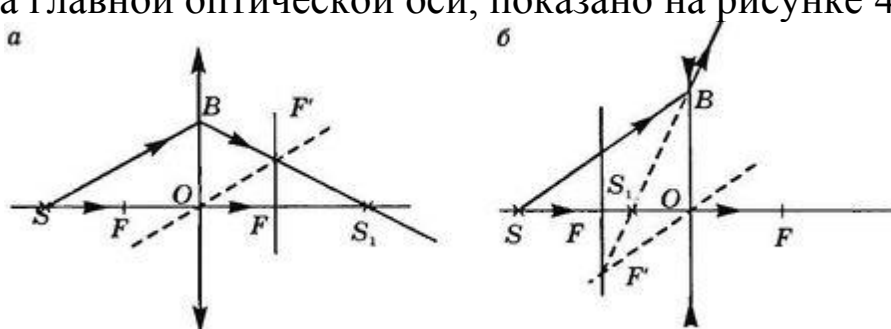


Рис. 4.13

Оптическая сила линзы

Опыт показывает, что линзы с более выпуклыми поверхностями преломляют сильнее и дают большее увеличение, чем линзы с меньшей кривизной. У линзы с большей кривизной фокусное расстояние меньше.

Преломляющую способность линзы характеризуют оптической силой линзы.

Оптическая сила линзы D – величина, обратная фокусному расстоянию:

$$D = \frac{1}{F};$$

В СИ единицей оптической силы является диоптрия (*дптр*). 1 *дптр* – оптическая сила линзы, фокусное расстояние которой равно 1 м.

Оптическую силу собирающей линзы условились считать положительной (фокус действительный), а оптическую силу рассеивающей линзы (фокус мнимый) — отрицательной.

Опыт показывает, что общая оптическая сила двух или более линз, сложенных вместе, равна алгебраической сумме оптических сил этих линз:

$$D = D_1 + D_2 + \dots$$

Формула линзы. Линейное увеличение линзы

Из подобия треугольников A_1B_1F и OCF (рис. 4.12) следует

$$\frac{A_1B_1}{CO} = \frac{A_1F}{OF}.$$

Аналогично из подобия треугольников ABO и A_1B_1O

$$\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{A_1O}{AO}.$$

Учитывая, что $AB = CO$, из этих равенств получим

$$\frac{A_1F}{OF} = \frac{A_1O}{OA} \Rightarrow \frac{f - F}{F} = \frac{f}{d} \Rightarrow \frac{f}{F} - 1 = \frac{f}{d}.$$

Разделим все слагаемые на f , получим

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}.$$

В общем случае

$$\pm \frac{1}{F} = \pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} \quad \text{— формула тонкой линзы.}$$

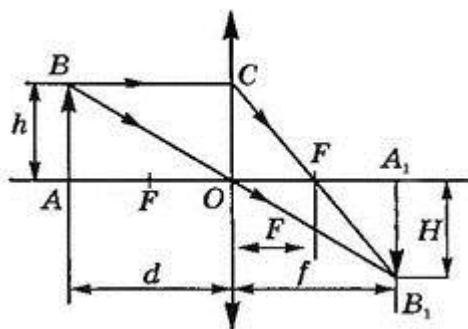


Рис. 4.14

В ней F берут со знаком «+» для собирающей линзы и со знаком «-» для рассеивающей линзы, f — со знаком «+», если изображение действительное, и со знаком «-», если оно мнимое, d — со знаком «+» для действительного предмета и «-» для мнимого предмета.

Линейное увеличение линзы Γ – отношение линейных размеров изображения H к линейным размерам предмета h :

$$\Gamma = \frac{H}{h}.$$

Из треугольников ABO и A_1B_1O

$$\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{A_1O}{AO}.$$

Тогда

$$\frac{H}{h} = \frac{f}{d}.$$

Следовательно, увеличение линзы

$$\Gamma = \frac{f}{d}.$$

§ 4.4. Оптические приборы и их погрешности

Для обнаружения и исследования следов внешнего строения объектов, их состава и внутренней структуры требуется применение оптических приборов, созданных на основе законов геометрической оптики. В одних оптических приборах изображение получается на экране, который должен быть установлен в плоскости изображения, другие приборы предназначены для работы совместно с глазом. В последнем случае прибор и глаз представляют как бы единую оптическую систему, и изображение получается на сетчатой оболочке глаза.

Виды оптических приборов

Дадим определение понятию «оптические приборы»: оптическими приборами называют устройства, предназначенные для получения изображений различных объектов на экранах, светочувствительных пластинках, фотопленках и в глазу.

Обычно оптические приборы дают плоское (двухмерное) изображение трехмерных, пространственных объектов. Такими приборами являются фотоаппарат, проекционный аппарат, лупа и микроскоп, очки, зрительные трубы (телескопы, рефлекторы и рефракторы, бинокли, а также глаз).

Значительное увеличение угла зрения достигается с помощью оптических приборов. По своему назначению оптические приборы, вооружающие глаз, можно разбить на следующие три большие группы.

1. Приборы, служащие для рассматривания очень мелких предметов (лупа, микроскоп). Эти приборы как бы «увеличивают» предметы.

2. Приборы, предназначенные для рассматривания удаленных объектов (зрительная труба, бинокль, телескоп). Эти приборы как бы «приближают» рассматриваемые предметы.

3. Фотоаппарат – оптический прибор, предназначенный для получения действительного уменьшенного изображения предмета.

При первичной оценке качества прибора рассматриваются лишь основные его характеристики:

- способность концентрировать излучение – светосила;
- способность различать соседние детали изображения – разрешающая сила;
- соотношение размеров предмета и его изображения – увеличение.

Для многих приборов определяющей характеристикой оказывается поле зрения – угол, под которым из центра прибора видны крайние точки предмета.

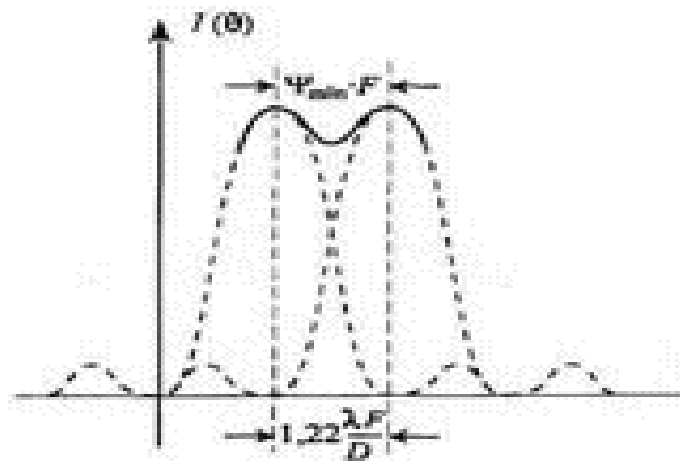
Разрешающая способность оптических приборов

Важной характеристикой оптической системы в приборе является его разрешающая способность (сила) – способность прибора различать две близкие точки или линии, что обусловлено волновой природой света.

Изображение любой светящейся точки в монохроматическом свете представляет собой дифракционную картину, то есть, точечный источник отображается в виде центрального светлого пятна, окруженного чередующимися темными и светлыми кольцами.

Теоретический предел разрешения двух соседних изображаемых точек определяется как равенство расстояния между их центрами радиусу первого темного кольца их дифракционной картины.

Согласно критерию Рэля, изображения двух одинаковых точек разрешимы (разделены для восприятия), когда центральный максимум дифракционной картины для одной точки совпадает с минимумом дифракционной картины для другой.



Под разрешающей способностью телескопа принято понимать разрешающую способность его объектива.

Применение критерия Рэля к объективу телескопа дает для дифракционного предела разрешения:

$$\psi_{\min} = \Delta\theta = 1.22 \frac{\lambda}{D}.$$

Следовательно, разрешающая способность объектива R (линзы или набора линз) зависит от его диаметра и длины волны:

$$R = \frac{1}{\psi} = \frac{D}{1.22\lambda}.$$

Из формулы видно, что для повышения разрешающей способности оптических приборов нужно либо увеличить диаметр объектива, либо уменьшить длину волны. Поэтому для наблюдения более мелких деталей предмета используют ультрафиолетовое излучение, а полученное изображение в данном случае наблюдается с помощью флуоресцирующего экрана, либо фиксируется на фотопластинке.

Еще большую разрешающую способность можно было бы получить с помощью рентгеновского излучения, но оно обладает большой проникающей способностью, и проходит через вещество, не преломляясь, то есть в данном случае невозможно создать преломляющей линзы.

Потоки электронов (при определенных энергиях) обладают примерно такой же длиной волны, как и рентгеновское излучение. Поэтому электронный микроскоп имеет очень высокую разрешающую способность.

Разрешающая способность спектрального прибора – это безразмерная величина

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda},$$

где $\delta\lambda$ – абсолютное значение минимальной разности длин волн двух соседних спектральных линий, при которой эти линии регистрируются раздельно.

§ 4.5. Электромагнитные волны

Вихревое электрическое и магнитное поля «сцеплены» друг с другом, существуют одновременно, взаимно порождают друг друга. Электромагнетизм – это явления, возникающие в результате взаимодействия электрического тока и магнетизма.

Понятие электромагнитных волн

Совокупность неразрывно связанных друг с другом изменяющихся электрического и магнитного полей представляет собой электромагнитное поле. По своей природе электромагнитное поле не остается локализованным в месте зарождения, а распространяется в пространстве.

Распространяющееся в пространстве периодически изменяющееся электромагнитное поле и представляет собой электромагнитную волну.

Распространение электромагнитной волны связано с наведением электромагнитного поля в последующих точках и уничтожением в предыдущих (пройденных) точках пространства (рис. 4.15). Если в какой-либо области пространства существует переменное магнитное поле, то оно вызывает появление в соседних областях пространства вихревого электрического поля, линии напряженности которого, охватывают линии индукции этого магнитного поля. В свою очередь, переменное вихревое электрическое поле вызывает появление в соседних областях пространства переменного магнитного поля, линии индукции которого, охватывают линии напряженности данного вихревого электрического поля.

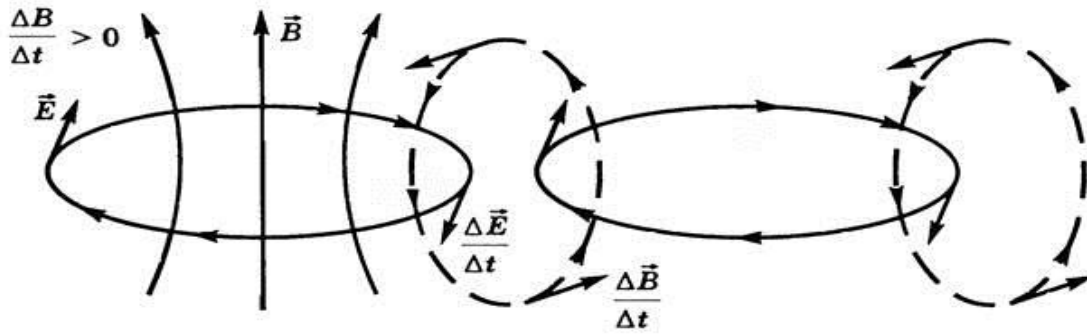


Рис. 4.15

Электромагнитные волны могут распространяться и в вакууме.

Свойства электромагнитных волн

1. Из теории Максвелла вытекает, что, если в какой-либо малой области пространства периодически изменяются электрическое и магнитное поля, то эти изменения должны периодически повторяться и во всех других точках пространства, причем в каждой последующей несколько позже, чем в предыдущей, то есть от источника электромагнитных колебаний должны во все стороны распространяться электромагнитные волны с определенной скоростью. Дж. Максвелл чисто математически показал, что скорость распространения электромагнитного поля в вакууме равна скорости света $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{c}$, а в среде эта скорость v меньше и зависит от свойств среды:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}},$$

где ϵ — диэлектрическая проницаемость среды, μ — магнитная проницаемость среды.

2. При распространении электромагнитных волн в каждой точке пространства происходят периодически повторяющиеся изменения электрического и магнитного полей. Эти изменения удобно изображать в виде колебаний векторов напряженности электрического поля \vec{E} и индукции магнитного поля \vec{B} в каждой точке пространства. Электромагнитная волна — поперечная волна, так как

$$\vec{E} \perp \vec{v} \quad \text{и} \quad \vec{B} \perp \vec{v}.$$

3. Колебания векторов \vec{E} и \vec{B} в каждой точке электромагнитной волны происходят в одинаковых фазах и по двум взаимно перпендикулярным направлениям: $\vec{E} \perp \vec{B}$ в каждой точке пространства.

4. Векторы \vec{E} и \vec{B} образуют с вектором скорости распространения \vec{v} правовинтовую систему (рис. 4.16): если головку правого винта расположить в плоскости векторов \vec{E} к \vec{B} и поворачивать ее в направлении от \vec{E} к \vec{B} по кратчайшему пути, то поступательное движение острия винта укажет направление вектора \vec{v} в момент времени t .

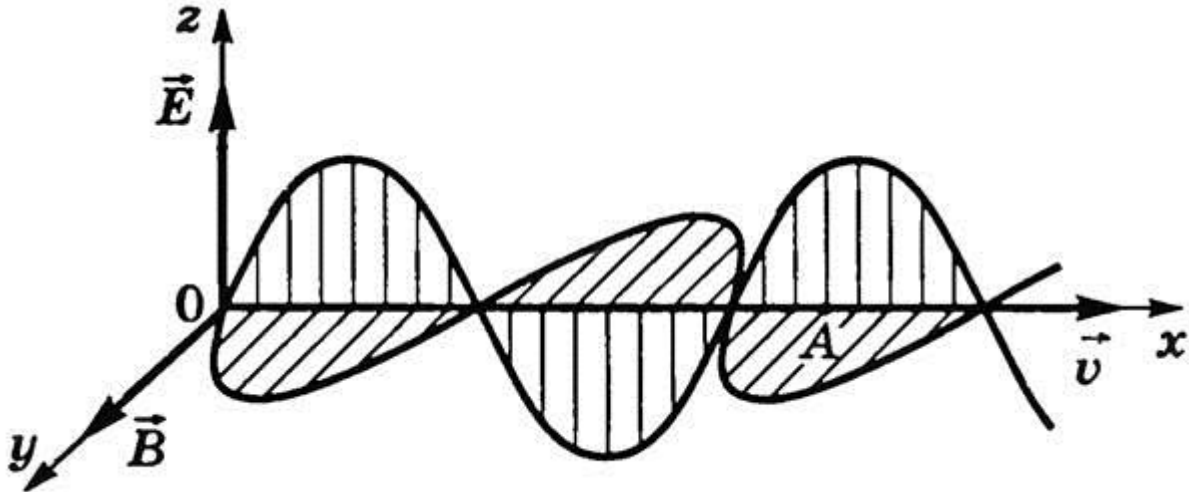


Рис. 4.16

5. Период электромагнитной волны (частота) равен периоду (частоте) колебаний источника электромагнитных волн. Для электромагнитных волн справедливо соотношение

$$\lambda = vT; \lambda = \frac{v}{\nu}.$$

В вакууме $\lambda_0 = \frac{c}{\nu} = cT$ — длина волны наибольшая по сравнению с λ в другой среде, так как $v = const$ и изменяются только ν и λ при переходе от одной среды к другой.

6. Электромагнитные волны распространяются прямолинейно в однородной среде, испытывают преломление при переходе из одной среды в другую, отражаются от преград. Для них характерны явления дифракции и интерференции.

Источники электромагнитных волн

Источником гармонических электромагнитных волн является открытый колебательный контур.

Это контур, состоящий из катушки и двух пластин, не параллельных друг другу. Чем под большим углом развернуты эти пластины, тем более свободно электромагнитные волны излучаются в окружающее пространство (рис. 4.17, а, б, в).

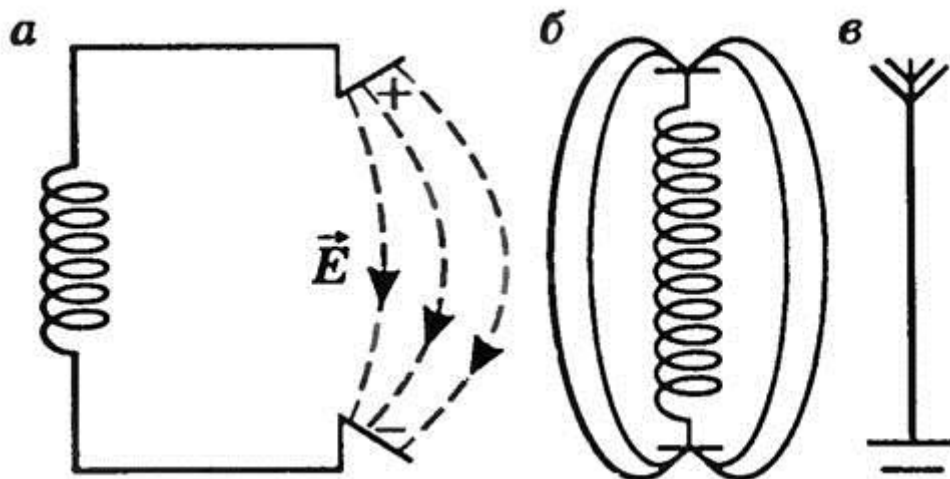


Рис. 4.17

Впервые электромагнитные волны экспериментально получил, передал на расстояние (правда, в пределах стола) и принял Генрих Герц.

Способы исследования электромагнитных волн различной длины

Исследовать электромагнитные волны можно при помощи колебательного контура.

Электромагнитные колебания – это периодические изменения со временем электрических и магнитных величин (заряда, силы тока, напряжения, напряженности, магнитной индукции) в электрической цепи.

Контрольные вопросы

1. Назовите четыре основных закона оптических явлений.
2. Каких видов могут быть источники света?
3. Что такое световой луч, независимость световых лучей?

4. Что такое тень и полутень?
5. Солнечное и лунное затмение с оптической точки зрения.
6. Чем заключается явление дисперсии?
7. От чего зависят характеристики изображений, получаемых с помощью собирающей линзы?
8. Какие лучи удобно использовать для построения изображения, получаемого с помощью линзы?
9. Можно ли получить действительное (мнимое) изображение с помощью собирающей линзы? рассеивающей линзы?
10. Является ли человеческий глаз оптической системой?
11. Понятие электромагнитного поля, электромагнитной волны.
12. Какими свойствами обладают электромагнитные волны?
13. Какие устройства являются источником электромагнитных волн?

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ И АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Микроскопические исследования широко применяются при проведении экспертиз. Степень проникновения в микромир зависит от разрешающей способности прибора, определяемой длиной волны используемого в микроскопии опорного излучения (свет, ультрафиолетовое, инфракрасное, рентгеновское излучение). В последние годы произошли существенные изменения криминалистической техники, благодаря интенсивному освоению и внедрению аналитических методов исследования: химических, физических, физико-химических.

§ 5.1. Микроскопические методы исследования объектов судебной экспертизы

Для наблюдения и изучения мелких объектов предназначены микроскопы различных типов. Объекты для микроскопии подготавливают и сохраняют в виде специальных микроскопических препаратов, которые можно фиксировать, окрашивать, фотографировать для дальнейшего изучения (микрофотография).

Микроскопические исследования в видимом диапазоне спектра

Оптический микроскоп иногда называется «световым микроскопом», в нём используют видимый свет и систему линз, чтобы увеличить изображения маленьких объектов.

Оптические микроскопы являются самыми старыми, нередко и самыми простыми из микроскопов (первый микроскоп был создан в 1595 г. Захариусом Йансеном). Другие микроскопические методы, которые используют в качестве «источника освещения» рентгеновские лучи — рентгеновская электронная микроскопия.

Человеческий глаз представляет собой естественную оптическую систему, характеризующуюся определённым разрешением. Для нормального глаза при удалении от объекта на расстояние наилучшего видения ($D = 250$ мм), среднестатистическое нормальное разрешение составляет 0,176 мм.

До середины XX века работали только с видимым светом, излучением в диапазоне 400—700 нм, а также с ближним ультрафиолетом (люминесцентный микроскоп). Оптические микроскопы не могли давать разрешающей способности менее полупериода волны опорного из-

лучения (диапазон длин волн 0,2—0,7 мкм, или 200—700 нм), потому максимальное увеличение составляло ~2000 крат. То есть способность различать структуры с расстоянием между точками до ~0,20 мк.

В 2006 году немецкие ученые Штефан Хелль и Мариано Босси разработали оптический микроскоп, позволяющий наблюдать объекты размером около 10 нм и получать высококачественные трехмерные 3D-изображения. Ученые применили метод, в котором молекулы излучают энергию, люминесцируют. Излучаемый свет фиксируется и тем самым выдает данные о рассматриваемых объектах.



Рис. 5.1 Старинные рисунки, выполненные с помощью одного из первых микроскопов: пчёлы (автор – Francesco Stelluti, 1630)

Проникнуть глубже в микромир возможно при применении излучений с меньшими длинами волн, соответственно, с более высокой разрешающей способностью микроскопов. Достигнут и предел разрешающей способности микроскопа, равный длине опорной волны луча «жесткого» рентгеновского излучения: $1\text{--}10\text{ нм}$ ($10^{-9}\text{--}10^{-8}\text{ м}$).

Устройство оптического микроскопа

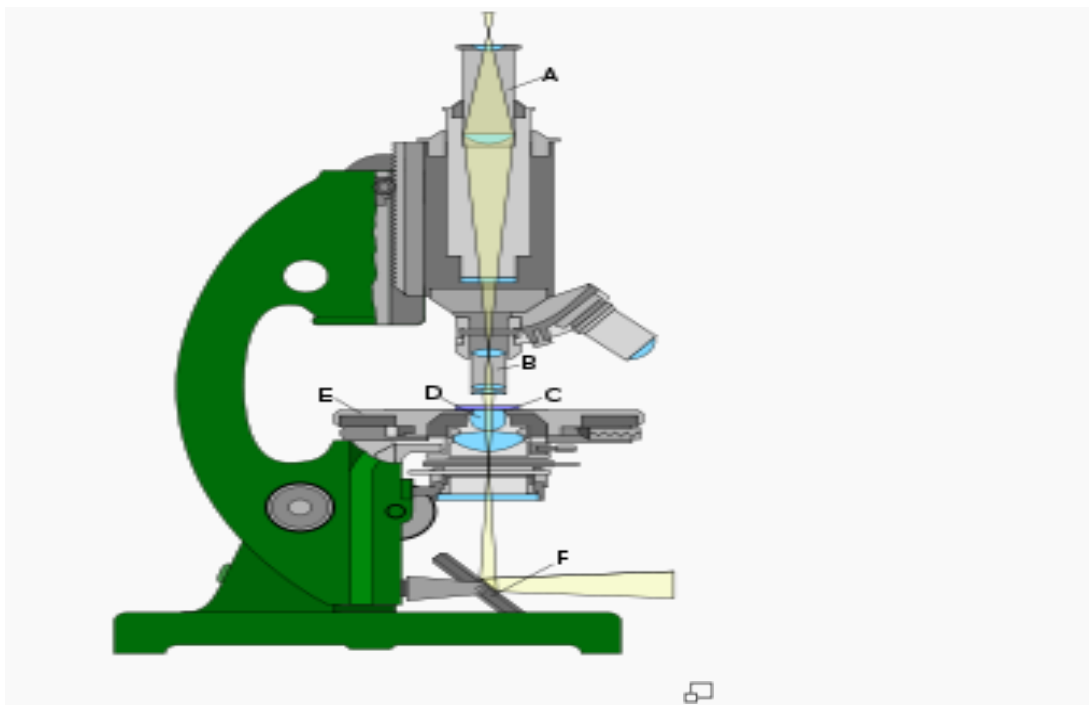


Рис. 5.2 Схема микроскопа (середина XX в.): A) окуляр, B) объектив, C) исследуемый объект, D) конденсор, E) предметный столик, F) осветительное зеркало.

Микроскопические исследования в инфракрасном диапазоне спектра

Инфракрасная микроскопия осуществляется на специальных инфракрасных микроскопах, снабженных электронно-оптическими преобразователями.

Фотофиксация инфракрасного изображения не требует специальных приборов. На обычном световом микроскопе можно фотографировать микроскопическое изображение в инфракрасных лучах, если применять фотопластинки, чувствительные в инфракрасной области $0,8\text{--}1,5\text{ мкм}$.

Микроскопические исследования в ультрафиолетовом диапазоне спектра

Ультрафиолетовая и люминесцентная микроскопия проводится на специальных ультрафиолетовых микроскопах, конструктивно схожих с соответствующими приборами для видимого света. В этих микроскопах применяется оптика из кварцевого стекла, прозрачного для ультрафиолетовых лучей в области 220–400 нм. В качестве источников света используется ртутная лампа высокого давления.

§ 5.2. Аналитические методы анализа

Среди аналитических методов исследования достойное место занимают химические, физические и физико-химические методы исследования. Они дают рекомендации о наиболее рациональных приемах исследования вещественных доказательств, играющих важную роль в объективизации процесса расследования преступлений.

Понятие аналитических методов исследования

Аналитические методы криминалистики составляют систему трех групп методов. Базисный уровень (нулевой) составляет всеобщий метод криминалистической науки – материалистическую диалектику. Он служит основанием для развития других методов, применяемых в криминалистике.

Первую группу составляют общенаучные методы. Вторую – специальные методы других наук. К ним относятся: физические, химические, физико-химические, биологические, антропологические, психологические, социологические.

Методы аналитической химии в криминалистической технике используются для анализа морфологии (внешнего строения), состава (элементного, молекулярного, фазового – качественного и количественного), структуры, физических и химических свойств материалов и веществ.

Физико-химические методы позволяют обнаружить малое содержание примесей в объекте от 10–5 % до 10–10 %. Кроме того, важной особенностью физико-химических методов является высокий темп получения результатов. Особенно это важно при осмотре места происшествия, быстрое получение оперативной информации позво-

ляет выбрать соответствующую методику расследования. Также физико-химические методы позволяют проводить дистанционный анализ, то есть на расстоянии. Эта особенность имеет значение при исследовании латентных следов или когда анализируются препараты высокой радиоактивности или токсичности.

Большое значение для расследования преступлений имеет выполнение исследования недеструктивным анализом, то есть без разрушения объекта, что сохраняет вещественные доказательства. Это, например, рентгенофлуоресцентный, радиационный методы.

Преимуществом данных видов анализа является возможность определить элемент в конкретной точке, а не его общее содержание.

Химические методы исследования

Аналитическая химия – наука о принципах и методах определения состава вещества. Предметом аналитической химии как науки является теория и практика химического анализа. Основная задача аналитической химии определение качественного и количественного состава вещества.

Химический анализ – это известные методы распознавания химического состава исследуемого вещества, используемые на практике.

Качественный анализ заключается в определении, какие химические элементы входят в состав анализируемого вещества.

В рамках качественного анализа важными являются методы идентификации веществ. Идентификация – это установление вещества (объекта) по совокупности общих и частных признаков.

Количественный анализ заключается в определении количественного содержания химических элементов в анализируемом веществе. Эти задачи решаются различными методами анализа.

Физические методы исследования

Методы, основанные на изучении физических свойств, называют физическими. К ним относят спектральный, люминесцентный, рентгеноструктурный, масспектральный методы.

К спектроскопическим методам относятся: эмиссионный спектральный анализ, абсорбционная спектроскопия, атомно-абсорбционная спектроскопия, люминесцентный, рентгеноспектральный. Они основаны на использовании различных явлений и эффектов, возникающих при взаимодействии вещества и электромаг-

нитного излучения.

Методы абсорбционной спектроскопии основаны на законе светопоглощения Бугера-Ламберта-Бера, который связывает уменьшение интенсивности света, прошедшего через слой светопоглощающего вещества с концентрацией вещества и толщиной слоя. С помощью этого метода можно проводить качественный и количественный анализ и определить более пятидесяти элементов.

В криминалистической практике большое значение имеет люминесцентный анализ, который основан на холодном свечении вещества, возникающего в результате электронного перехода при возвращении частиц из возбужденного состояния в нормальное. В возбужденное состояние частицы люминесцирующего вещества могут переходить под действием света (флуоресценция), рентгеновского излучения (рентгенолюменесценция) или в результате химических реакций (хемилюменесценция). Данный метод может быть использован практически для определения почти любого элемента, многих органических и биологических активных веществ.

Рентгеновские методы анализа позволяют определять анализируемый элемент без разрушения изделия (рентгеновский фазовый анализ), а также при сложном химическом составе анализируемого объекта (рентгеноспектральный анализ).

Физико-химические методы исследования

Физико-химические методы позволяют обнаружить малое содержание примесей в объекте от 10^{-5} % до 10^{-10} %. Кроме того, важной особенностью физико-химических методов является высокий темп получения результатов. Особенно это важно при осмотре места происшествия, быстрое получение оперативной информации позволяет выбрать соответствующую методику расследования. Также физико-химические методы позволяют проводить дистанционный анализ, то есть на расстоянии. Эта особенность имеет значение, когда анализируются препараты высокой радиоактивности или токсичности.

Контрольные вопросы

1. Основные элементы оптического микроскопа.
2. В чем отличие специальных инфракрасных и ультрафиолетовых микроскопов от обычных микроскопов?
3. Что такое химический анализ, метод и методика анализа?
4. Понятие качественного и количественного анализа.
5. Классификация физических методов анализа.
6. В чем достоинство рентгеноспектрального метода?
7. Каковы особенности применения физико-химических методов?

ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ОБЪЕКТОВ СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Методы определения состава и структуры объектов судебной экспертизы делятся на методы элементного анализа и методы молекулярного анализа. Методы элементного анализа используются для установления элементного состава – качественного или количественного содержания определенных химических элементов в данном объекте экспертного исследования. Методы молекулярного анализа используются для установления молекулярного состава объекта.

Хроматография используется для анализа сложных смесей веществ, метод основан на различном распределении компонентов между двумя фазами – неподвижной фазой и подвижной. Различают газовую или жидкостную хроматографию.

§ 6.1. Методы определения состава и структуры объектов судебной экспертизы

Методы элементного анализа используются для установления химических элементов в данном веществе или материале. Для молекулярного состава объекта используются методы молекулярного анализа.

Методы определения элементного состава и структуры объектов

Элементный состав объекта подразумевает качественное или количественное содержание определенных химических элементов в данном веществе или материале. Для установления элементного состава и структуры объектов используются спектральные методы анализа. Спектральные методы анализа – это методы, основанные на определении химического состава и строения веществ по их спектру. Спектром вещества называют упорядоченное по длинам волн электромагнитное излучение, испускаемое, поглощаемое, рассеиваемое или преломляемое веществом.

Спектр вещества получают, воздействуя на него температурой, потоком электронов, световым потоком (электромагнитной энергией)

с определённой длиной волны (частоты излучения). При определённой величине энергии воздействия вещество способно перейти в возбуждённое состояние. При этом происходят процессы, приводящие к появлению в спектре излучения с определённой длиной волны. Частота (длина волны) излучения определяется составом исследуемого вещества, а интенсивность излучения пропорциональна числу частиц, вызвавших его появление, то есть количеству вещества или компонента смеси.

Методы, основанные на получении и изучении спектров испускания (эмиссии) электромагнитного излучения, называют эмиссионными, поглощения (абсорбции) – абсорбционными.

Методы определения молекулярного состава и структуры объектов

Молекулярный спектр является однозначной характеристикой молекулы, определяется её свойствами в целом, её структурой и свойствами входящих в неё атомов. В зависимости от целей анализа и типов спектров выделяют несколько методов спектрального анализа.

Молекулярный спектральный анализ

Спектральный анализ – совокупность методов определения элементного (атомного) и молекулярного состава и строения веществ по их спектрам.

С помощью спектрального анализа определяют как основные компоненты, составляющие вещества анализируемых объектов, так и незначительные примеси в них.

Атомный спектральный анализ определяет элементный состав образца по атомным (ионным) спектрам испускания и поглощения.

Молекулярный спектральный анализ (МСА) определяет молекулярный состав веществ по молекулярным спектрам поглощения, люминесценции и комбинационного рассеяния света.

В основе МСА лежит качественное и количественное сравнение измеренного спектра исследуемого образца со спектрами индивидуальных веществ. МСА позволяет проводить анализ малых количеств (в некоторых случаях доли мкг и менее) веществ, находящихся в различных агрегатных состояниях.

Основные факторы, определяющие возможности методов МСА:

1) информативность метода. Условно выражается числом спектрально разрешаемых линий или полос в определённом интервале длин волн или частот исследуемого диапазона (для микроволнового диапазона оно ~ 105 , для средней ИК-области в спектрах твёрдых и жидких веществ ~ 103);

2) количество измеренных спектров индивидуальных соединений;

3) существование общих закономерностей между спектром вещества и его молекулярным строением;

4) чувствительность и избирательность метода;

5) универсальность метода;

6) простота и доступность измерений спектров.

Тёмные линии на спектральных полосках были замечены давно, но первое серьёзное исследование этих линий было предпринято только в 1814 г. Фраунгофером. Кирхгоф и Бунзен в 1859 г. после серии экспериментов заключили: каждый химический элемент имеет свой неповторимый линейчатый спектр. Природа каждой из линий, их связь с химическими элементами выяснялись постепенно. В 1860 г. Кирхгоф и Бунзен при помощи спектрального анализа открыли цезий, а в 1861 г. – рубидий. А гелий был открыт на Солнце на 27 лет ранее, чем на Земле (1868 и 1895 гг. соответственно).

Соответственно различают качественный и количественный МСА.

Качественный МСА устанавливает молекулярный состав исследуемого образца. Качественный МСА производят путём сравнения получаемого спектра со стандартными спектрами. Созданы библиотеки, включающие десятки тысяч спектров. Спектр молекулы является его однозначной характеристикой.

При количественном МСА по спектрам чаще всего интенсивность линии определяемого компонента смеси сравнивают с интенсивностью некоторой линии стандартного вещества, измеренной в тех же условиях.

Методы определения молекулярного состава

1. Спектроскопия в видимой и ультрафиолетовой областях

Атомы каждого химического элемента имеют строго определённые резонансные частоты, в результате чего именно на этих частотах они излучают или поглощают свет. Это приводит к тому, что в спектроскопе на спектрах видны линии (тёмные или светлые) в опреде-

лённых местах, характерных для каждого вещества. Интенсивность линий зависит от количества вещества и его состояния. В количественном спектральном анализе определяют содержание исследуемого вещества по относительной или абсолютной интенсивностям линий или полос в спектрах.

2. Метод инфракрасной спектроскопии

Метод инфракрасной спектроскопии дает возможность получить сведения об относительных положениях молекул в течение очень коротких промежутков времени, а также оценить характер связи между ними. В основе этого метода лежит инфракрасное излучение, которое также называют «тепловым» излучением, так как все тела, твёрдые и жидкие, нагретые до определённой температуры, излучают энергию в инфракрасном спектре. Длины волн, излучаемые телом, зависят от температуры нагревания: чем выше температура, тем короче длина волны и выше интенсивность излучения. Инфракрасная спектроскопия (ИК спектроскопия), раздел молекулярной оптической спектроскопии, изучающий спектры поглощения и отражения электромагнитного излучения в инфракрасной области, то есть в диапазоне длин волн от 10^{-6} до 10^{-3} м.

3. Люминесцентный анализ

Люминесцентный анализ – совокупность методов анализа, основанных на наблюдении люминесценции. Для возбуждения люминесценции исследуемый объект подвергается действию ультрафиолетового света (ртутно-кварцевая лампа). Наблюдение свечения производится в темном помещении визуально или при помощи специальных приборов (флюорометров). Качественный люминесцентный анализ основан на различии цвета люминесценции, производимой веществами разной химической природы; количественный люминесцентный анализ – на измерении интенсивности люминесценции при помощи флюорометров или путем регистрации спектров люминесценции специальными спектрографами. Люминесцентный анализ широко применяется для определения витаминов, гормонов, антибиотиков, канцерогенных веществ, лекарственных веществ в различных материалах, в том числе и биологических объектах (кровь, моча, ткани).

4. Рентгенографический метод

Молекула это наименьшая частица вещества, обладающая его химическими свойствами. Молекула состоит из атомов. Состав молекулы выражают химическими формулами. В физике понятие о молекуле оказалось необходимым для объяснения свойств газов, жидкостей и твёрдых тел. Геометрическая структура молекулы определяет

ся равновесным расположением атомных ядер. Рентгенографическое изучение молекулярных кристаллов даёт возможность установить геометрическое строение очень сложных молекул, вплоть до молекул белков.

5. Ядерный магнитный резонанс

Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) – резонансное поглощение или излучение электромагнитной энергии веществом, содержащим ядра с ненулевым спином во внешнем магнитном поле, на частоте ν (называемой частотой ЯМР), обусловленное переориентацией магнитных моментов ядер.

Явление ядерного магнитного резонанса было открыто в 1938 г. в молекулярных пучках, за что И. Раби был удостоен нобелевской премии 1944 г. В 1946 г. Ф. Блох и Э. Парселл получили ядерный магнитный резонанс в жидкостях и твердых телах (нобелевская премия 1952 г.).

Одни и те же ядра атомов в различных окружениях в молекуле показывают различные сигналы ЯМР. Отличие такого сигнала ЯМР от сигнала стандартного вещества позволяет определить так называемый химический сдвиг, который обусловлен химическим строением изучаемого вещества. В методиках ЯМР есть много возможностей определять химическое строение веществ, конформации молекул, эффекты взаимного влияния, внутримолекулярные превращения.

6. Электронный парамагнитный резонанс

Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) – резонансное поглощение (излучение) электро-магнитных волн радиочастотного диапазона (109–1012 Гц) парамагнетиками. Лежит в основе радиоспектроскопических методов исследования вещества. Открыт в 1944 г. Е. К. Завойским (СССР). В качестве парамагнитных частиц, определяющих парамагнетизм, могут выступать электроны, атомы, молекулы, комплексные соединения, дефекты кристалла, если они обладают отличным от нуля магнитным моментом. Источником возникновения магнитного момента могут служить неспаренный спин или отличный от нуля суммарный спин (момент количества движения) электронов.

7. Масс-спектроскопический метод

Масс-спектроскопия, масс-спектрометрия – метод исследования вещества путём определения масс ионов этого вещества и их количеств.

Совокупность значений масс и их относительных содержаний называется масс-спектром. В масс-спектропии используется разделение в вакууме ионов разных масс под воздействием электриче-

ских и магнитных полей. Поэтому, исследуемое вещество, прежде всего, подвергается ионизации. В случае жидких и твёрдых веществ их либо предварительно испаряют, а затем ионизуют, либо же применяют поверхностную ионизацию, при которой образовавшиеся ионы вылетают в вакуум (ионная эмиссия).

Первые масс-спектры были получены в Великобритании Дж. Дж. Томсоном (1910), а затем Ф. Астоном (1919). Они привели к открытию стабильных изотопов. Масс-спектрокопия до сих пор является одним из основных методов, с помощью которых получают данные о массах ядер и атомных массах элементов.

Масс-спектрокопия широко используется для элементного и молекулярного структурного анализа. Первые применения масс-спектрокопии в области химии связаны с работами В. Н. Кондратьева (1923).

Масс-спектральный анализ элементного состава вещества особенно точен, когда это вещество испаряется в виде исходных нераспавшихся молекул и заметная доля этих молекул не распадается в ионном источнике масс-спектрометра. Тогда, применяя масс-спектрометры с высокой разрешающей способностью, можно, например, однозначно определить число атомов *C*, *H*, *O* и других в молекуле органического вещества по массе молекулярного иона.

§ 6.2. Хроматографические методы исследования объектов судебной экспертизы

В широком смысле слова хроматография – это разделение двух- и многокомпонентных смесей газов, паров жидкостей или растворенных веществ сорбционными методами в динамических условиях. Обычно разделение происходит при прохождении потока смеси через колонку, содержащую слой зерненого сорбента. При этом даже близкие по составу или строению вещества различно поглощаются сорбентами, происходит избирательная адсорбция, сильно сорбирующиеся вещества поглощаются в верхней части колонки, а слабее сорбирующиеся продвигаются дальше. Достигается разделение смеси на отдельные компоненты по длине колонки при повторяющихся процессах сорбции и десорбции в элементарных слоях. Хроматографические разделения используются для качественного и количественного анализа веществ и материалов.

Понятие и виды сорбции

Сорбцией (от латинского «поглощаю») называют любой процесс поглощения одного вещества (сорбтива) другим (сорбентом), независимо от механизма поглощения.

В зависимости от механизма сорбции различают адсорбцию, абсорбцию, хемосорбцию и капиллярную конденсацию.

Адсорбцией называют изменение концентрации вещества на границе раздела фаз. Адсорбция происходит на любых межфазовых поверхностях, и адсорбироваться могут любые вещества. Адсорбционное равновесие или равновесное распределение вещества между пограничным слоем и граничащими фазами, является динамическим равновесным и быстро устанавливается. Адсорбция уменьшается с повышением температуры.

Абсорбцией называют такое поглощение одного вещества другим, которое не ограничивается поверхностным слоем, а происходит во всем объеме сорбента. Примером процесса абсорбции является растворение газов в жидкостях.

Хемосорбцией называют поглощение одного вещества другим, сопровождающееся химическими реакциями. Примерами хемосорбционных процессов служат поглощение влаги и кислорода металлами с образованием оксидов и гидрооксидов.

Капиллярная конденсация состоит в сжижении паров в микроскопических сорбентах.

Сорбционные процессы различны по механизму, но любой сорбционный процесс начинается с адсорбции на границе соприкасающихся фаз, которые могут быть жидкими, газообразными или твердыми.

Понятие десорбции

Десорбцией называют удаление поглощенного вещества из поглотителя (адсорбента) в более подвижную среду (из жидкости в газ, из твердого тела в жидкость или газ).

Десорбция обратна адсорбции и происходит при уменьшении концентрации адсорбируемого вещества в среде, окружающей адсорбент, а также при повышении температуры. Десорбцию применяют для извлечения из адсорбентов поглощённых ими газов, паров или растворённых веществ.

Понятие хроматографии

Хроматография – метод разделения смесей веществ или частиц, основанный на различии в скоростях их перемещения в системе несмешивающихся фаз, одна из которых подвижна, а другая неподвижна, а также на различии компонентов смеси в адсорбционной способности.

Фазой называется часть системы, отделенная от других ее частей поверхностью раздела, при переходе через которую свойства изменяются скачком.

Неподвижная фаза – твердый сорбент или несмешивающаяся с подвижной фазой жидкость, на которых осуществляется удерживание и разделение компонентов смеси.

Подвижная фаза – поток жидкости или газа, перемещающий компоненты разделяемой смеси вдоль неподвижной фазы.

Адсорбент – твердый сорбент, концентрирующий на своей поверхности растворенные вещества.

Элюат – выходящий из колонки поток подвижной фазы с компонентами разделяемой смеси.

Колонка – стеклянная трубка, наполненная сорбентом, в объеме которой осуществляется хроматографическое разделение смеси веществ.

Хроматограмма – записанная во времени функция концентрации определяемых веществ в подвижной фазе на выходе из колонки от объема элюата.

Компоненты образца движутся по колонке, когда они находятся в подвижной фазе, и остаются на месте, когда находятся в неподвижной фазе. Основная цель хроматографии — разделение за приемлемый промежуток времени смеси на отдельные полосы (пики на графике – хроматограмме) компонентов по мере их продвижения по колонке с подвижной фазой.

Впервые хроматографическое разделение сложной растительной смеси на стеклянной колонке, заполненной сорбентом карбонатом кальция (мелом), осуществил в 1903 г. русский ученый-ботаник Михаил Семенович Цвет (1872–1919), изучая водные экстракты растений, которые содержали ряд натуральных красящих веществ (пигментов). М.С. Цвет так разъяснил суть предлагаемого им метода: «Как лучи света в спектре, в столбике углекислого кальция закономерно располагаются различные компоненты смеси пигментов, давая возможность своего качественного и количественного определения.

Получаемый таким образом препарат я называю хроматограммой, а предлагаемую методику – хроматографической».

Термин «хроматография» происходит от греческих слов *хрома* – цвет, окраска и *графико* – пишу.

Сущность хроматографического метода анализа заключается в следующем. Раствор смеси веществ, подлежащих разделению, пропускают через стеклянную трубку, наполненную твердым адсорбентом (хроматографическую колонку). Вследствие различной адсорбируемости и скорости передвижения отдельных веществ, находящихся в анализируемом растворе, компоненты смеси удерживаются на различной высоте столба адсорбента в виде отдельных зон (слоев). Вещества, обладающие большей способностью адсорбироваться, поглощаются в верхней части адсорбционной колонии, хуже адсорбируемые – располагаются ниже. Вещества, не способные адсорбироваться данным адсорбентом, проходят через колонку, не задерживаясь, и собираются в фильтрате. Далее начинают вывод из колонки (медленный слив) разделяющихся веществ, которые обнаруживают путем анализа последовательных порций вытекающего из колонки раствора (элюата). Если построить хроматограмму – выходную кривую, т. е. график зависимости концентрации элюата (C) от объема пропущенного через колонку раствора (V), то на этой кривой выходы компонентов исходной смеси из колонки соответствуют хроматографические пики.

Классификация хроматографических методов

Существуют различные способы классификации хроматографических методов. Приведем основные.

1. По агрегатному составу подвижной и неподвижной фаз.

Жидкостная хроматография ЖХ (если подвижная фаза жидкая) и Газовая хроматография ГХ (если подвижная фаза газообразная)

2. По расположению неподвижной фазы.

Тонкослойная хроматография (если неподвижная фаза – тонкий слой сорбента на стеклянной пластине, таким образом, это плоскостная (планарная) хроматография).

Область применения методов

Хроматография используется для анализа сложных смесей веществ.

Методы хроматографии используются при исследовании, например, чернил и паст шариковых ручек, наркотических препаратов, пищевых продуктов и напитков, взрывчатых веществ, красителей, горюче-смазочных материалов и многих других.

Исключительно мощное средство контроля загрязнения различных объектов окружающей среды – хроматографические методы, позволяющие анализировать сложные смеси компонентов. При этом наиболее широко используемыми для анализов загрязнителей окружающей среды являются газовая и высокоэффективная жидкостная хроматография.

Газохроматографический анализ применяют для обнаружения органических загрязнителей в питьевой и сточных водах.

Высокоэффективную жидкостную хроматографию применяют при анализе смесей многих загрязняющих веществ, прежде всего нелетучих. Используя высокочувствительные детекторы можно определять очень малые количества веществ.

Высокоэффективная жидкостная хроматография является идеальным методом для определения большого числа термически неустойчивых соединений, которые не могут быть проанализированы с помощью газовой хроматографии. Объектами анализа методом жидкостной хроматографии в настоящее время часто становятся современные агрохимикаты, в число которых входят метилкарбонаты и фосфорорганические инсектициды, другие нелетучие вещества. Высокоэффективная жидкостная хроматография получает все большее распространение среди других методов, применяемых в мониторинге окружающей среды, еще и потому, что имеет блестящие перспективы в плане автоматизации пробоподготовки.

Будучи несложной по технике выполнения, тонкослойная хроматография хороша при определении пестицидов и других органических соединений-загрязнителей.

Контрольные вопросы

1. Какие методы используют для установления элементарного состава?
2. Что называют спектром вещества?
3. Как называют методы, основанные на получении спектров испускания, спектров поглощения?
4. Какое явление лежит в основе молекулярного спектрального анализа?
5. На чем основан метод ядерного магнитного резонанса?
6. В чем заключается метод электронного парамагнитного резонанса?
7. Понятие сорбции, виды сорбции.
8. С чего начинается любой сорбционный процесс?
9. Понятие десорбции.
10. Понятие хроматографии, основная цель хроматографии.
11. Подвижная и неподвижная фаза в хроматографической колонке.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Значимость биологических методов исследования в криминалистике и судебной экспертизе постоянно возрастает. Из года в год совершенствуется и приборная база биологических исследований. Все это способствует дальнейшему становлению и совершенствованию судебно-биологических экспертиз.

§ 7.1. Методы биологических исследований в судебной экспертизе

Информативность биологических методов базируется на новейших достижениях разных наук – физики, химии, но прежде всего – биологии, ряда ее фундаментальных и прикладных разделов: генетика, зоология, ботаника, микробиология, вирусология, экологии, биохимия.

Понятие биологических методов

Понятие «судебно-биологическая» экспертиза, по существу, очень широко: оно включает в себя и судебную медицину (судебно-биологическая экспертиза крови, выделений человеческого организма, волос) и многие иные экспертизы биологических объектов, выходящие за пределы судебной медицины.

Биологические следы несут в себе огромную информацию как о свойствах и признаках субъекта, совершившего преступление, так и о механизме его совершения. Сложность полного уничтожения либо фальсификации следов биологического происхождения повышает удельный вес данных следов в системе вещественных доказательств.

Классификация биологических методов

1. Ботаническая экспертиза.

Изобилие растительного мира, окружающего человека на протяжении всей его жизни, непременно влияет на частоту встречаемости объектов растительного происхождения в качестве доказательств.

Убийства, изнасилования, разбойные нападения зачастую происходят «на природе», где в избытке отмершей и живой растительно-

сти, того, что принято называть ботанической составляющей происшествия. Чаще всего перед экспертами ставятся вопросы, связанные с установлением групповой принадлежности нескольких объектов растительного происхождения, например: «Имеют ли общую групповую принадлежность вещественные доказательства, изъятые на месте преступления и с одежды подозреваемого?», «Принадлежит ли ветка, изъятая, дереву, произрастающему на месте происшествия?».

2. Зоологическая экспертиза.

В зависимости от того, какие объекты животного происхождения подвергаются исследованию, в судебно-зоологической экспертизе выделяют следующие ее виды:

- экспертиза производных эпидермиса кожи животных (волосы и их системы), птиц (перья и пух), рыб (чешуя);
- экспертиза тканей животных, птиц и рыб (кожа, кости, хрящи);
- экспертиза насекомых и фрагментов их тел;
- экспертиза продуктов жизнедеятельности животных, птиц и рыб.

Базовыми науками для судебной зоологической экспертизы выступают различные отрасли биологии – орнитология, ихтиология, морфология, энтомология, анатомия, цитология.

3. Микробиологическая экспертиза (вирусологическая).

Микробиология – наука о живых организмах, невидимых невооруженным глазом (микроорганизмах): бактерии, микроскопические грибы и водоросли, часто этот список продляют простейшими и вирусами. В область интересов микробиологии включают бактериологические исследования воды, пищевых продуктов, материала и инструментов из лечебно-профилактических учреждений, аптек, парикмахерских.

В вирусологии широко используются методы молекулярной биологии, с помощью которых удалось установить молекулярную структуру вирусных частиц, способы проникновения их в клетку.

4. Энтомологическая экспертиза.

Судебно-медицинская энтомология – это раздел судебной медицины и энтомологии, изучающий особенности развития насекомых на трупе и характер вызываемых ими повреждений. Из насекомых в качестве индикаторов могут использоваться: жуки-могильщики (*Nicrophorus*), падальные мухи (*Calliphoridae*), муравьи.

5. Ихтиологическая экспертиза.

Ихтиологическая экспертиза – исследование чешуи и костных остатков рыб. Вопросы, решаемые данным видом экспертизы: является ли объект чешуей рыбы; какому виду (роду, семейству) рыб принадлежит чешуя; не подвергалась ли чешуя (рыбы) какой-либо специальной обработке – солению, копчению.

6. Орнитологическая экспертиза

Орнитологическая экспертиза – исследование птичьего пуха, перьев и продуктов жизнедеятельности птиц. Вопросы, решаемые орнитологической экспертизой: нет ли на данном объекте микроследов орнитологического происхождения, если да, каких именно и какова локализация следов.

7. Экспертиза запаховых следов (одорологическая).

Криминалистическая одорология – это развивающаяся отрасль криминалистической техники, представляющая собой систему знаний и научно обоснованных приемов, технических средств, рекомендаций по обнаружению, анализу, изъятию и хранению запаховых следов с целью последующего использования в уголовном судопроизводстве.

Одорологическая идентификация – один из видов криминалистической идентификации: установление субъекта по его запаховым следам с помощью специально подготовленных запаховых проб и собак-детекторов в лабораторных условиях.

Запах – одно из свойств материального объекта (или находящихся на нем веществ), воспринимаемое обонянием человека или животного.

Индивидуальный (личный) запах – генотипически обусловленное свойство специфических веществ пота, крови субъекта, воспринимаемое собаками-детекторами.

Запаховый след субъекта – микроколичество пахнущих веществ, характеризующих индивидуальные особенности организма данного человека; образуется на предметах (объектах) в результате контактного взаимодействия с ними субъекта или обладающих его запахом вещей.

Область применения методов

В биологии сформировалось представление о качественно различных уровнях организации жизни: молекулярном – биохимия, молекулярная биология; клеточном – цитология; организменном – анатомия, физиология, эмбриология, генетика. В свою очередь, это при-

вело к исследованию следов биологического происхождения в судебно-биологической экспертизе.

Судебная медицина и психиатрия также органически включаются в криминалистику, например, происходит использование данных судебной медицины в тактике осмотра места происшествия по делам об убийстве. В подтверждение этого сошлемся и на разработки судебных медиков, внесших свой вклад в криминалистическое учение о следах: о форме и механизме образования следов человека, в частности крови, установления их давности и иных аспектов.

Успехи молекулярной биологии, вскрывшей химические основы наследственности – строение ДНК, генетический код, оказавшиеся универсальными для всех организмов, повлияли на возникновение и развитие биологических исследований в рамках судебно-медицинской материнской экспертизы.

Актуальным стал вопрос о месте исследований биологических объектов – живых организмов, их остатков, продуктов жизнедеятельности, методологической основы экспертиз этого вида.

Учитывая достижения в биологии, и ее отраслях, судебная экспертиза стремится пополнять свое содержание, включая и приспособляя знания о биологических объектах – следах человека и живых организмов.

Контрольные вопросы

1. Что включает в себя судебно-биологическая экспертиза?
2. Какой вес имеют следы биологического происхождения в системе вещественных доказательств?
3. Перечислите биологические методы исследования.
4. В каких областях применимы методы судебно-биологической экспертизы?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном пособии описаны все разделы естественнонаучных методов судебно-экспертных исследований, содержание которых полностью или частично изучается в образовательных организациях высшего образования системы МВД России, в том числе и в Санкт-Петербургском университете МВД России, по направлению подготовки (специальности) судебная экспертиза.

Рассмотрены современные высокоинформативные и технически сложные методы и средства экспертного исследования; основные направления дальнейшего совершенствования естественнонаучных методов и технических средств экспертного исследования следов преступления и иных вещественных доказательств на основе специальных знаний в области химии, физики; изучены основы инструментальных методов экспертного исследования.

Разделы дисциплины «Естественнонаучные методы судебно-экспертных исследований», материал которых составляет основное содержание данной работы, имеют большое прикладное значение. Их основные понятия и методы используются и при изучении всех профильных экспертных дисциплин.

Например, представленный материал необходим при изучении судебной медицины, судебной фотографии и видеозаписи, криминалистического исследования веществ, материалов и изделий, технико-криминалистической экспертизы документов и ряда других специальных дисциплин экспертно-криминалистического цикла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большакова Л. В. Теория вероятностей для экономистов: учеб. пособие. М.: Финансы и статистика, 2009. – 208 с.
2. Большакова Л. В., Шалагинова О. Б. Математика: курс лекций. Ч. 1. СПб.: Изд-во СПб ун-та МВД России, 2009. – 288 с.
3. Глинка Н. Л. Общая химия. М.: КРОНУС, 2013. – 728 с.
4. Димов Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов. СПб.: Питер, 2013. – 496 с.
5. Шипачев В. С. Высшая математика. М.: ЮРАЙТ, 2012. – 607 с.

Дополнительная

1. Анчабадзе Н. А., Коновалов Г. Г., Кочубей А. В., Симаков В. П. Методы и средства экспертных исследований: курс лекций. – Волгоград: Волгогр. акад. МВД России, 2001. – 88 с.
2. Виноградова Н. И. Тонкослойная хроматография: учеб. пособие. М.: Моск. ун-т МВД России, 2008. – 23 с.
3. Савельев И. В. Курс общей физики: в 4 т. М.: КРОНУС, 2012. – 528 с.
4. Зинин А. М., Майлис Н. П. Судебная экспертиза: учебник. – М., 2008. – 240 с.
5. Исследование запаховых следов человека: учеб. пособие / под ред. Т. Ф. Моисеевой, В. Г. Савенко. М.: ЭКЦ МВД России, 2008. – 168 с.
6. Криминалистика: учебник для вузов в 3-х т. Т.1. Теоретические и методологические основы криминалистики. Криминалистическая техника / под ред. И. А. Возгриня. СПб.: Изд-во СПб ун-та МВД России, 2008. – 152 с.
7. Моисеева Т. Ф. Методы и средства экспертных исследований: учебник. М.: Моск. психолого-социальный ин-т, 2006. – 216 с.
8. Скрипченко А. В., Коровкин Д. С. Техничко-криминалистическая экспертиза документов: курс лекций. Ч. 2. СПб.: Северная Нива, 2011. – 120 с.

Для заметок

Для заметок

Учебное издание

Зыков Валерий Михайлович,
кандидат технических наук, доцент;
Шалагинова Ольга Борисовна,
кандидат физико-математических наук, доцент

**ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЕ МЕТОДЫ
СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Учебное пособие

Редактор *Свикиш Н. О.*
Компьютерная верстка *Свикиш Н. О.*

Подписано в печать 31.08.2016 Формат 60x84 ¹/₁₆.
Печать цифровая. Объём 5,75 п.л. Тираж 100 экз. Заказ № 72/16

Отпечатано в Санкт-Петербургском университете МВД России
198206, Санкт-Петербург, ул. Лётчика Пилютова, д. 1