# *ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИКИ*

## В

## КРИМИНАЛИСТИЧЕСКИХ

## ИССЛЕДОВАНИЯХ

## 

## 

## Будников Влад

## 

## 

## Казань 1997 год

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Общие методы исследования материально-фиксированных отображений в криминалистике
2. Исследование внешнего строения объектов

**2.1.** Обнаружение и исследование следов внешнего строения

объектов

* 1. Оптический микроскоп
  2. Электронный микроскоп
  3. Основные физические методы, используемые для выявления

плохо видимых и невидимых следов

1. Исследование состава и внутренней структуры объектов

**3.1** Понятие внутренней структуры материальных источников

информации

**3.2.** Методы и техника исследования состава и внутренней

структуры объектов

* + 1. Методы анализа химического состава
       1. Атомно-эмиссионная спектрометрия
       2. Атомно-абсорбционная спектрометрия
       3. Рентгеноспектральный анализ
       4. Молекулярный спектральный анализ

* + 1. Методы исследования внутренней структуры

Заключение

Список использованной литературы

# 

# 

# ВВЕДЕНИЕ

Криминалистика – юридическая наука о методах расследования преступлений, собирания и исследования судебных доказательств.

Преступления исследуются криминалистикой с точки зрения закономерностей механизма и способа их совершения и возникновения порождаемой этими событиями информации, необходимой для их раскрытия и предупреждения.

Расследуемое событие отображается в следах, содержащих признаки (информацию) о совершенном преступлении. Способы обнаружения и использования этой информации составляют методы расследования.

В зависимости от физической природы и структуры информации в следах преступлений избирается та или другая группа технических приемов обнаружения, фиксации и исследования. Поэтому в практике предупреждения и раскрытия преступлений правоохранительные органы используют широкий арсенал научных методов и технических средств, среди которых достойное место отведено криминалистической технике, рекомендациям о наиболее рациональных приемах и методах обнаружения и исследования вещественных доказательств. И в этом отношении уже с первых шагов криминалистики эксперты-криминалисты при исследовании вещественных доказательств использовали законы физики, приборы и приспособления, работающие на их основе.

В последние годы произошли существенные изменения криминалистической техники, благодаря интенсивному освоению и внедрению достижений физики, физической химии, химической физики, аналитической химии, развитию методов этих наук применительно к задачам судебной экспертизы. Этими методами оперируют судебные эксперты всех специальностей: физики, химики, биологи, почерковеды, автотехники, медики и др. После соответствующей криминалистической оценки получаемые результаты образуют мощный источник розыскной и доказательственной информации, способствующей установлению объективной истины в процессе предварительного следствия и последующего судопроизводства. Через изучение химического состава (постоянство или изменение, сходство или различие) получают фактические данные о расследуемом происшествии и его участниках.

Целью настоящей работы является: показать связи физики и криминалистики, что объединяет эти две такие, на первый взгляд, непохожие области знания, две самостоятельные науки.

**1**. ОБЩИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛЬНО -

-ФИКСИРОВАННЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ В КРИМИНАЛИСТИКЕ

В качестве вещественных источников криминалистической информации могут фигурировать любые предметы, способные нести информацию о фактических обстоятельствах, имеющих значение для раскрытия и расследования преступления. Это – информация о внешних признаках объекта, оставившего следы; о его внутренних свойствах и структуре; о функционально-динамических комплексах лица, отобразившихся вовне; о механизме следообразования, способе действия преступника и других обстоятельствах события преступления.

Информация о механизме совершения преступления отражается в изменении положения объекта, его перемещении, возникновении материально-фиксиро-

ванных следов как результата взаимодействия объекта и отражающей среды,

появлении новых предметов в данном месте и в определенный период и т.п.

Познавая механизм таких изменений, можно судить как об отдельных фрагментах преступного действия, так и в целом о преступном событии.

Общий подход к исследованию вещественных источников криминалистической информации обусловлен в первую очередь тем, какой круг свойств подлежит исследованию в объекте: собственные свойства предмета или отображенные в нем свойства другого предмета, события, явления. Исследование собственных свойств объекта с точки зрения его происхождения, назначения, отнесения к классификационным группам и т.п. осуществляется преимущественно методами естественных и технических наук. Исследование же отражений с целью идентификации отображенных объектов и установление обстоятельств преступления составляет специфическую криминалистическую проблему.

Особая актуальность проблемы исследования отображений, т.е. “следов” в широком смысле слова, для криминалистики обусловлена не только тем, что всякое преступление расследуется по следам, но и тем, что исследование отображений требует особого методического и технического подхода и разработки специально криминалистических средств и методов.

**2**. ИССЛЕДОВАНИЕ ВНЕШНЕГО СТРОЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

**2.1.** Обнаружение и исследование следов внешнего строения

Внешнее строение объекта, понимаемое как его пространственные границы, представляет чрезвычайно существенное в криминалистическом отношении качество вещи. Поверхности, образующие пространственные границы вещи, участвуют практически во всех материальных взаимодействиях, связанных с образованием криминалистически значимых следов.

Трактовку понятия внешнего строения обычно начинают с определения предмета. Предмет – это дискретная часть материи, имеющая устойчивые пространственные границы в любом его агрегатном состоянии. Вещества могут быть при одних температурных условиях и давлении жидкостями, при других – газообразными, а при третьих – твердыми телами. Внешнее строение объектов приобретает криминалистическое значение только у твердых тел, жидкие и газообразные вещества могут быть сохранены только в хранилище, сосуде, принимая формы данного сосуда.

Признаки внешнего строения объекта, как и всякие признаки вещи, являются выразителями ее свойств. Внешние признаки как выразители соответствующих свойств объекта характеризуют в первую очередь форму предмета, его размеры, рельеф его поверхности.

Исследование внешнего строения объекта, независимо от того, к какой категории (классу, роду) экспертизы оно относится, осуществляется на основе криминалистического учения о следах и следообразовании.

Форма предмета - это поверхностная граница его материальной субстанции; размеры – это величины, относимые к определенным эталонам измерения. Указанные характеристики способны ограничивать объект от ему подобных, выделить его среди других.

Неразрывное единство формы и содержания проявляется и во взаимосвязи внешних и внутренних признаков. Например, рельеф предмета зависит не только от его обработки и других внешних воздействий, но и от внутреннего строения, например, от кристаллической структуры вещества.

Изучению рельефа в криминалистике придается особое значение. Объясняется это тем, что рельеф каждого объекта индивидуален. Доказательством этого являются как философские предпосылки, так и анализ условий формирования и существования рельефной поверхности. При этом учитываются кристаллическое строение всякого твердого тела, изменение структуры кристаллической решетки под влиянием механических помех при формировании твердого тела и, как следствие этого, обусловленность строения поверхности (рельефа) предмета формами и размерами кристаллических зерен, а также размещением.

Индивидуальность внешнего строения каждого предмета является объективной предпосылкой его отождествления. Поверхность индивидуализирует относительно мелкое ее строение.

Методика обнаружения, изъятия и фиксации следов зависит от их свойств и создается для каждого вида следов с учетом существующих классификаций.

Исследования следов внешнего строения в своей основе сводятся к установлению физических характеристик, которые описывают особые свойства, используемые для сравнения с отождествляемым объектом (следом).

По степени видимости (различимости) следы делятся на видимые и неразличимые. Если для обнаружения первых не приходится прибегать к каким-то специальным приемам и способам, то обнаружение плохо видимых и невидимых следов требует применения специальных приемов.

Огромную кропотливую работу приходится проводить, чтобы собрать вещественные доказательства путем исследования частичек различных материалов, которые криминалисты называют микроследами или микрообъектами.

Микрочастицы и микроследы – это значит, что мы имеем дело с очень небольшими количествами вещества, но, кроме того, и размеры отдельных таких частичек (следов) так малы, что они оказываются на грани возможностей органов чувств человека, так что уже не могут быть различимы без напряжения.

Для того чтобы разглядеть и исследовать микрочастицы, необходимо прибегать к помощи различных приборов и инструментов. Одним из первых таких инструментов, взятым на вооружение судебными экспертами, стал микроскоп.

**2.2**.Оптический микроскоп

За очень длительную историю своего применения оптическая микроскопия стала универсальным и очень эффективным методом получения судебных доказательств. Даже простой осмотр различных предметов под микроскопом выявляет множество деталей, очень важных для проведения следствия. Рассмотрим

принцип действия простейшего оптического светового микроскопа.

Увеличительная, или выпуклая, линза дает изображение двух типов: действительное и мнимое. Действительное изображение можно спроектировать на какой-нибудь экран, а мнимое изображение возникает только в нашем сознании, которое воспринимает изображение, создаваемое не оптическими лучами, а их продолжениями,

Важнейшим параметром выпуклой линзы является ее фокусное расстояние. Фокусом называется особая точка, в которой пересекаются после прохождения линзы лучи, падающие на линзу в виде параллельного пучка. При помещении в эту точку источника света после преломления должен возникнуть пучок параллельных лучей (рис. 1). Если по одну сторону выпуклой линзы поместить объект так, чтобы он находился между фокусным и удвоенным фокусным расстоянием, по другую сторону линзы возникает обратное, действительное увеличенное изображение. Если же объект поместить между фокусом и линзой, по эту же сторону линзы возникает прямое мнимое увеличенное изображение (рис. 2). Это явление положено в основу применения простейшего визуального прибора- лупы. Увеличение лупы тем больше, чем меньше фокусное расстояние, т.е. чем больше ее кривизна. В принципе с помощью лупы можно добиться любого увеличения, но на практике возникает множество ограничений. Прежде всего, из-за технических трудностей нельзя изготовить линзу очень большой кривизны, которая бы давала четкое изображение объекта, а расстояние от глаза до линзы уменьшить практически невозможно.

Преодолеть эту трудность помогла одна простая идея, автором которой был Левенгук еще в 19 в. Идея понятна из рис.3. Для получения больших увеличений надо использовать сразу две линзы. Одна из них - объектив - дает действительное обратное увеличенное изображение объекта, а вторая – окуляр – используется как лупа. Рассматривая через окуляр картину, полученную с помощью объектива, мы видим увеличенное мнимое изображение объекта. Таким образом, большое увеличение достигается в две ступени, и в результате в микроскопе возникает обратное (перевернутое) по отношению к объекту изображение.

Современный оптический микроскоп – это не просто прибор, состоящий из одного объектива и одного окуляра. Для того чтобы изображение не портилось из-за различных недостатков линз, микроскоп приходится делать в виде сложной системы, состоящей из множества линз. Максимальное увеличение является одной из важнейших характеристик микроскопа, но важнейшим его параметром надо признать разрешающую способность, которая показывает, на каком минимальном расстоянии две точки, разрешенные с помощью данной системы объектива и окуляра, воспринимаются глазом раздельно. Если расстояние между двумя точками равно разрешающей способности, то на этом приборе уже нельзя улучшить изображение. Точно также нельзя, например, восстановить изображение детали, неразличимой на плохом негативе, путем увеличения этого негатива до размеров огромного стенда. Теоретически оптический микроскоп (рис.4) позволяет разрешить (увидеть) объекты, отстоящие друг от друга на расстоянии, близком половине длины волны лучей света, используемого для освещения.

Для того чтобы выявить и отобрать для изучения в оптическом микроскопе микрочастицы, а также, подготовить, их, для более подробных исследований, судебные эксперты пользуются стереомикроскопом. В отличие от изображений, которые получаются с помощью микроскопов других типов, изображение в стереомикроскопе является объемным и прямым. Эти особенности очень важны, потому что, работая со стереомикроскопом, объекты можно перемещать на предметном столике, а при необходимости даже обрабатывать теми или иными инструментами. Ясно, что такие операции были бы очень утомительны, если бы их пришлось проводить, наблюдая в окуляре не за прямым, а за перевернутым изображением.

Оптическая схема стереомикроскопа моделирует систему объемного зрения человека. Представим себе, что мы держим на небольшом расстоянии перед собой какой-то текст, и наши глаза зафиксированы на какой-то точке. Тогда угол между направлениями от этой точки к каждому из глаз будет равен 14 градусов. Каждый глаз воспринимает и передает в мозг свое собственное изображение, но в мозгу оба изображения складываются в единую объемную картину. Стереомикроскоп представляет собой по существу систему из двух микроскопов, направление оптических путей, в которых составляет угол 14 градусов. Подобная конструкция позволяет увеличить изображение исследуемого предмета и сохранить его привычный для наблюдения облик. Благодаря встроенным в окуляр переводным призмам наблюдатель имеет возможность наблюдать прямое изображение предметов, рассматриваемых в стереомикроскоп.

Для создания объемных эффектов очень важно уметь использовать «игру» светотени. У обычного оптического микроскопа осветительное устройство дает почти параллельный поток лучей, которые направлены к объекту практически под прямым углом. Стереомикроскоп позволяет осветить объект с любой стороны. Тем самым удается рассмотреть многие детали объекта, обычно скрытые в тени, и сохранить светотеневые эффекты.

Максимальное увеличение почти никогда не бывает больше 50-кратного, использовать более сильное увеличение нецелесообразно, потому что при этом начинает падать резкость изображения. Однако для выявления судебных улик очень сильного увеличения и не требуется, потому что и при 50-кратном увеличении размер предметов увеличится от 10 мкм в натуре до 0,5 мм при рассмотрении в микроскопе. Такие размеры уже вполне различимы человеческим глазом.

**2.3.** Электронный микроскоп

При исследовании микрообъектов бывает очень важно выяснить их морфологические характеристики, и для этого используют данные, полученные с помощью растрового электронного микроскопа.

Известно, что пучок электронов, также как и поток света, в одних случаях проявляет свойства дискретных частиц, а в других – волновые свойства. Эти особенности лежат в основе получения изображения с помощью электронного микроскопа. Длина волны электронного пучка, который перемещается под действием электрических и магнитных полей, зависит только от энергии электронов. Чем выше эта энергия, тем меньше длина волны. У электронов, ускоряемых полем с напряжением 60 000 В, длина волны составляет 0,005 нм. Как и световые оптические приборы, электронные микроскопы позволяют «видеть» (т.е. разрешать) объекты, находящиеся друг от друга на расстоянии порядка половины длины волны. Однако на практике трудноустраняемые дефекты электронных микроскопов ограничивают предельное разрешение: разрешаются точки, отстоящие друг от друга на расстояние в несколько десятых нанометра. Это почти в 1000 раз лучше предельного разрешения оптического микроскопа.

В электронном микроскопе (рис.5) источником электронов служит раскаленная вольфрамовая спираль. Испускаемые электроны ускоряются в электрическом поле при наложении напряжения в несколько десятков тысяч вольт. Роль, которую в световом оптическом микроскопе играют оптические линзы, у электронных микроскопов выполняют электростатические или магнитные поля. И в оптическом, и в электронном микроскопе изображение формируется в соответствии с законами геометрической оптики, однако в отличие от светового излучения, распространяющегося прямолинейно, пучок электронов перемещается в поле по спирали. Траектория движения электрона резко изменится, если на своем пути эта частица столкнется с газообразными атомами и молекулами. Поэтому, прежде чем начинать работу, надо добиться, чтобы пространство внутри микроскопа не содержало ни воздуха, ни других газов. С этой целью в микроскопе создается разрежение (давление < 10-2 – 10 -3 Па), и в дальнейшем вся работа ведется в условиях так называемого глубокого вакуума.

Электронно-микроскопическое изображение создается потоком электронов, невидимых для человеческого глаза, и поэтому его нельзя воспринимать визуально. Чтобы полученное изображение сделать видимым для глаза, пучок электронов подают на специальные экраны, покрытые светящимися составами.

Особенности строения поверхности различных объектов чаще всего исследуют с помощью растрового электронного микроскопа. В этом микроскопе на объект подается очень тонкий пучок электронов. Такой пучок с помощью специальных полей отклоняется, последовательно («по строчкам») «обегает» все точки объекта и формирует изображение поверхности. Однако изображение создается не электронным пучком, который падает на образец, а так называемыми вторичными электронами; последние выбираются из образца электронным «лучом», улавливаются приемником-коллектором и преобразуются в электрический сигнал, который затем усиливается и используется для создания изображения уже на экране.

По сравнению с оптическим растровый электронный микроскоп отличается не только более высокой разрешающей способностью, но и значительно лучшей глубиной резкости. Предположим, например, что на какой-то поверхности отдельные детали вполне различимы при 500-кратном увеличении. Если эта поверхность совершенно ровная, ее можно исследовать с помощью светового микроскопа, который дает большие увеличения. Однако если на поверхности имеются неровности, необходимо использовать электронный микроскоп, потому что при 500-кратном увеличении в световом микроскопе рельеф поверхности достаточно четко прослеживается на глубину лишь 1-2 мкм от плоскости поверхности. Поэтому, наблюдая поверхность обрывков первичных волокон с сечением 20-30 мкм в оптическом микроскопе, можно различить только наиболее крупные детали, а многие особенности морфологии останутся неразличимыми. В электронном микроскопе мы увидим очень четкое объемное изображение такого волокна, и его поперечный срез можно исследовать очень подробно.

**2.4.** Основные физические методы, используемые для выявления плохо

видимых и невидимых следов

Основой выделения таких следов является усиление контраста между следом и фоном предмета-носителя, на котором расположен след. Усиливаемый контраст бывает яркостным и цветовым. Первый относится к усилению яркости беспигментных следов, второй – к усилению цветоразличения, т.е. к делению объектов одного цвета, но разной степени насыщенности или двух цветов, один из которых маскирует другой. Разновидностью яркостного контраста является теневой. Он возникает за счет такого освещения рельефного объекта, при котором возвышающиеся детали рельефа отбрасывают тени на соседние участки, благодаря чему становятся отчетливо различимыми. Так, неглубокие вдавленности (0,1-0,2 мм) можно обнаружить при освещении объекта боковым косопадающим светом.

Усилением теневого контраста широко пользуются при работе со всеми рельефными (объемными) следами в трасологии, судебной баллистике. Особое внимание при идентификации таким следам уделяют тому, чтобы и исследуемый, и экспериментальный следы были освещены одинаковым образом. За счет усиления яркостного контраста могут быть обнаружены и поверхностные следы. Так, в косопадающем свете удается выявить следы, являющиеся блестящими по отношению к поверхности. Неокрашенные следы, отличающиеся от фона только структурной поверхностью (след резиновой обуви на паркете) или оптическими свойствами вещества (потожировые следы папиллярных узоров), нередко удается обнаружить, усилив яркостный контраст следа и фона за счет освещения. На фоне блестящей поверхности следы могут казаться матовыми (темными). Происходит это за счет поглощения следом части лучей света или их рассеивания. На прозрачных предметах следы обнаруживают в косонаправленном проходящем свете.

Как мы видим, все эти приемы основаны на законах отражения известных из раздела оптики.

Для усиления цветового контраста используют методы цветоделения: подбирают светофильтры и чувствительные к определенным зонам фотоматериалы, обеспечивающие четкое изображение следов на предмете. Подбор светофильтров осуществляется либо эмпирически (методом проб и ошибок), либо расчетно-теоретическим путем, с предварительным фотометрированием объектов.

Если следы отражают или поглощают невидимые ультрафиолетовые или инфракрасные лучи, то для их обнаружения используют электронно-оптические преобразователи (отпечаток окровавленной поверхности орудия преступления на одежде жертвы) или ультрафиолетовые осветители.

Если вещество следа может содержать радиоактивные изотопы, то для его обнаружения прибегают к методам радиографии. При выявлении следов давления на металле, которые в последствии были сглажены (перебитые номера), применяют электролитические методы или проявляют следы в магнитном поле с помощью специальных суспензий. При расположении следов на внутренних частях металлических устройств (следы взлома в замке, следы внутри оружия) для обнаружения следов нарушения частей механизмов используют рентгенографию и гаммаграфию.

**3.** ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ ОБЪЕКТОВ

**3.1.** Понятие внутренней структуры материальных источников информации

Объект как материальный источник информации, изучаемый криминалистами, - это целостная система взаимосвязанных свойств, придающая ему качественную и количественную определенность. Каждый объект обладает неисчерпаемым множеством свойств. Однако криминалист-исследователь подвергает изучению лишь те из них, которые могут отразиться в материальной среде преступления, и доступны научному познанию с использованием достижений современной науки и техники.

Характерным для современного периода развития криминалистики является стремление решать комплекс криминалистических задач, вплоть до идентификации единичного объема с максимально широким использованием информации о его внутренней структуре.

Структура вообще – это относительно устойчивая связь элементов, их отношений, обусловливающая целостность объекта. В криминалистике методологически важно различать при учете их неразрывной связи внешнее и внутреннее строение объектов.

Внешнее строение объекта, его форма в широком смысле слова проявляют себя непосредственно во внешних связях и взаимодействиях вещей: оно обусловлено внутренним строением, составом объекта. Граница «внешнего» и «внутреннего» в ряде случаев условна, например, при исследовании внешнего строения микрочастиц, волокон тканей, кристаллов.

В криминалистических исследованиях критерий разграничения внешних и внутренних свойств, внешности и внутреннего строения обусловлен механизмом их проявления, отражения в следах преступления. Если взаимодействие материальных тел осуществляется в пространственных границах и связано с изменением последних, то в процессе криминалистического исследования используются признаки внешнего строения; если взаимодействие связано с изменением вне внутренней структуры, физических, химических и биологических свойств объекта, то при криминалистическом исследовании на основе специально разработанных методик используются эти последние. Вместе с тем учет неразрывной связи внешнего и внутреннего строения является методологической основой комплексного использования признаков внешнего и внутреннего строения в криминалистических исследованиях.

К числу свойств внутреннего строения относятся: внутренняя структура, химический состав (элементный, молекулярный, изотопный), физические свойства объектов.

В связи с развитием криминалистических аналитических инструментальных методов последовательно расширяется круг исследуемых объектов, в который в настоящее время включаются жидкие и газообразные, сыпучие и другие тела, не имеющие устойчивой внешней формы.

Объекты криминалистической идентификации выделяются и индивидуализируются по комплексу свойств внутреннего строения объекта, а именно: а) общему компонентному составу (структуре) объекта (размещению его компонентов); б) субмикроскопической структуре; в) химическому составу – элементному, молекулярному, изотопному; г) фракционному составу – виду и соотношению компонентов (например, связующих наполнителей, пигменту лакокрасок); д) физическим (или физико-химическим) константам – твердости, температуры плавления, теплоемкости, электропроводности, плотности и т.п.

**3.2.** Методы и техника исследования состава и внутренней структуры

объектов

Методы криминалистического исследования могут классифицироваться в зависимости от характера изучаемых свойств для исследования:

1)морфологических свойств объекта, в том числе отображающихся в следах (визуальные, измерительные, фотографические, микроскопические, иные физико-технические);

2) компонентного состава смесей, сложных разнокачественных частей изделия, агрегата. Для этого наряду с вышеназванными, могут использоваться хроматографические исследования, рентгеновский фазовый анализ, биологический анализ фракционного состава почвы и др.;

3) внутренней структуры объекта: инртоскопические, микроскопические, кристаллографические исследования, рентгеновский фазовый анализ, рентгено-структурный анализ и т.п.;

4) физических констант – цвета, упругости, проводимости, магнитных, электрических и других свойств – специализированные физико-технические устройства, приборы;

5) атомного (элементного) состава объекта – вещественного доказательства – группа спектральных методов анализа и др.;

6) молекулярного состава объекта – вещественного доказательства – комплекс методов молекулярной спектроскопии;

7) физико-химических свойств объектов экспертизы –электронно-химические методы (полярография, электрофорез, электрография).

Рассмотрим общие характеристики и возможности отдельных методов для изучения состава и внутренней структуры вещественных доказательств.

**3.2.1.** Методы анализа химического состава

3.2.1.1. Атомно–эмиссионная спектрометрия

Атомно-эмиссионная спектрометрия применяется как метод элементного анализа вещества. Принципиально метод основан на том, что измеряются спектры испускания (разность энергии электронов на энергетических уровнях, расположенных на периферии атома, то есть валентных электронов). Поскольку эти величины характеристические для каждого элемента, по положению линий в эмиссионных спектрах можно судить о составе исследуемого вещества.

Известно, что при нагревании тела скорость перемещения (диффузии) отдельных компонентов увеличивается По мере увеличения температуры твердого тела, прежде всего, разрушается кристаллическая решетка, затем вещество переходит в жидкое состояние и, в конце концов, происходит испарение (переходит в пар). Что же произойдет при дальнейшем повышении температуры? Представим себе, танцевальные пары в переполненном зале вынуждены двигаться все быстрее и быстрее; столкновения станут неизбежны со всеми вытекающими последствиями. В паровой фазе также при нагревании, то есть при поступлении дополнительной энергии, молекулы вынуждены разрушаться, то есть диссоциировать на отдельные атомы. Энергию, сообщаемую атомам при многократных соударениях, прежде всего воспримут электроны, расположенные на внешних оболочках, то есть валентные электроны. Допустим, что после очередного удара валентный электрон поглощает дополнительную энергию. Если последняя достаточна для перехода электрона на незанятый электронный уровень с более высокой энергией, совершается соответствующий электронный переход, и атом оказывается в так называемом возбужденном состоянии. Возбужденное состояние атома неустойчиво, и рано или поздно электрон вновь возвратится на свою основную орбиту, и атом потеряет приобретенную энергию, испуская фотон (рис.6).

Итак, энергия излучения (фотона) равна разности энергетических уровней двух электронных орбит, между которыми произошел переход, и, как мы уже говорили, эта величина зависит от природы атома. За исключением металлов, составляющих первую группу периодической системы, все атомы обладают несколькими валентными электронами, расположенными, как правило, на нескольких валентных электронных орбитах (уровнях). Таким образом, для переходов валентных электронов может быть использовано несколько орбит, и в зависимости от того, на какой энергетический уровень выйдет электрон при переходе атома в возбужденное состояние, меняется и энергия фотона, испускаемого при возвращении атома в основное состояние. Поэтому атом характеризуется не одной полосой испускания, а набором (спектром) этих полос.

Энергия фотонов и длина волны излучаемого света связаны обратной пропорциональной зависимостью: чем выше энергия излучения, тем меньше длина волны. При переходах валентных электронов испускаются фотоны с длинами волн, соответствующими электромагнитному излучению в видимой или ультрафиолетовой области спектра. Длину волны, то есть энергию, излучения в видимой области можно оценить по получающейся окраске.

При изучении спектров испускания (эмиссионных спектров) к пробе необходимо подвести энергию, достаточную для того, чтобы разорвать связи между атомами, то есть атомизировать вещество, а затем возбудить образовавшиеся атомы. Испускаемые фотоны фокусируют, разделяют по энергиям и оценивают излучение по энергии при интенсивности (рис.7).

Для получения энергии, необходимой для атомизации пробы и возбуждения образовавшихся атомов, можно использовать различные источники. При использовании высокотемпературных пламенных источников основную роль для возбуждения атомов играют многократные столкновения, о которых уже говорилось. В качестве источника возбуждения используют и дуговой разряд, то есть разряд между двумя электродами, один из которых содержит анализируемую пробу. При дуговом способе возбуждения атомы получают дополнительную энергию не только в результате столкновений, но и благодаря увеличению кинетической энергии электронов. В последние годы появились новые, в частности плазменные, эмиссионные источники. Высокочастотный плазменный «факел» по существу – это разряд в аргоновой атмосфере. Проба в виде аэрозоля поступает в высокотемпературное пламя разряда, а источником возбуждения служит высокотемпературная плазма, образованная ионами и электронами, возникающими при высокочастотных колебаниях поля.

Находясь в возбужденном состоянии, атомы излучают свет разной длины волны. Для выделения характеристического излучения используют разные оптические приспособления, основанные на преломлении и фокусировке света. Если свет, выходя из узкой щели, встречает на пути стеклянную призму (углы призмы специально подбираются), то световой поток делится на отдельные компоненты, которые затем проектируются на экране в виде нескольких цветных линий (рис.8). В последнее время появились новые оптические устройства, основанные на совместном применении явлений дифракции и интерференции. Аналогичные результаты дает и использование оптических решеток с набором щелей (рис.9).

Разложенный свет содержит собственные окрашенные возбужденные компоненты – фон спектра, на котором четко выделяются более яркие линии возбужденных атомов анализируемого вещества.

При появлении метода атомно–эмиссионного анализа дифракционную картину регистрировали на фотопластинке. Этот способ регистрации спектров широко используется и в настоящее время. Спектр на проявленной фотопластинке представляет собой набор различных по интенсивности довольно четких темных линий (полос). Для того чтобы определить состав образца, необходимо полосы на спектре идентифицировать (отнести по длинам волн). Подобную задачу можно решить, совместив изображения на фотопластинке со шкалой длин волн, но на практике лучше всего зарекомендовал себя иной метод. На верхней или нижней части той самой фотопластинки, на которой записывают спектр анализируемой пробы, предварительно отпечатывают спектр металлического железа. Спектр железа содержит множество линий, и, зная их точное положение, можно легко провести градуировку полос в спектре объекта неизвестного состава. Фирмы, выпускающие детектирующие устройства к атомно–эмиссионным спектрометрам, поставляют фотопластинки с нанесенным на них спектром железа, где обозначены также положения характеристических линий некоторых других элементов. После необходимой обработки спектр с фотопластинки проецируется на небольшой экран и путем сравнения положений линий в спектрах железа и анализируемого образца проводится отнесение неизвестных линий.

В последнее время для регистрации излучения применяются уже электронные устройства в комбинации с ЭВМ. Внедрение компьютеров позволяет использовать для идентификации вещества не только несколько отдельных характеристических линий, а весь спектр, разрешенный с точностью до нанометра.

3.2.1.2. Атомно-абсорбционная спектрометрия

Еще один метод спектрального анализа – атомно-абсорбционная спектрометрия – представляет собой очень распространенный метод элементного анализа. Метод основан на измерении разности энергетических уровней валентных электронов, то есть по существу на тех же самых физических принципах, что и атомно-эмиссионная спектрометрия, но в атомной абсорбции используется не излучение, а поглощение световых квантов. В зависимости от своей природы атомы поглощают кванты определенной энергии причем, чем большую энергию поглощают электроны, тем на более отдаленные от ядра орбиты они попадают. Итак, если анализируемая проба переведена в атомарное состояние, то при прохождении света определенной длины волны поток квантов на выходе должен ослабеть. Положение полосы поглощения в спектре зависит от природы определяемых атомов, а уменьшение интенсивности поглощения – от количества этих атомов.

В методе атомно-абсорбционной спектрометрии пробу надо предварительно испарить, а сухой остаток атомизировать. Естественно, что проще всего атомизация протекает при тепловом воздействии. Правда, температура в атомизаторах ниже, чем в источниках возбуждения атомно-эмиссионных спектрометров, что недостаточно для того, чтобы возбудить атомы. Этой цели служит внешний источник излучения. При сравнительно мягких температурных режимах атомизатора многие вещества не переходят в парообразное состояние и их приходится вначале превращать в такие химические соединения, которые легко поддаются атомизации. Чаще всего их предварительно растворяют и для анализа используют водные растворы.

В атомно-абсорбционной спектрометрии используется пламенная и непламенная атомизация. В первом случае раствор вводят в пламя, во втором – пробы наносят на графитовые стержни, находящиеся внутри маленькой печи и нагревают. При пламенной атомизации продукты сгорания легко воспламеняемых смесей поднимаются в верхнюю часть языка пламени, то есть атомы определяемого элемента быстро выносятся на воздух. При использовании графитовых атомизаторов атомы поступают в почти закрытую камеру и находятся там довольно долго. Понятно, что именно второй способ атомизации позволяет анализировать очень малые пробы, поэтому он и нашел наиболее широкое применение в криминалистических лабораториях.

Графитовый атомизатор освещается от внешнего источника световым потоком, направленным вдоль главной оси атомизатора. При прохождении пробы интенсивность светового потока уменьшается, так как атомы определяемого элемента поглощают свет определенной длины волны. Измерить уменьшение интенсивности при использовании белого света довольно сложно, потому что трудно точно оценить потемнение отдельной линии на общем светлом фоне. Однако можно пойти по другому пути и предварительно разложить белый цвет на отдельные компоненты, пропуская его, например через призму. После этого на образец можно направить только ту часть спектра, которая излучает линию, характерную для поглощения атомов определяемого элемента. Тем самым мы устраняем сразу два недостатка использования белого цвета. Во–первых, уменьшается время нахождения в атомизаторе испаренной пробы и тем самым снижается вероятность потери пробы при диффузии через концы трубки. Во– вторых, отпадает необходимость прибегать к высокоинтенсивным лампам, способным донести ослабленный абсорбцией сигнал до фотоприемника.

Поиск источника освещения увенчался замечательным открытием: свет должен исходить от возбужденных атомов того самого элемента, который нужно обнаружить в пробе. Простым оказалось и техническое решение проблемы. Практически на любой элемент стали изготавливать свою собственную лампу с полным катодом. Внутри катодной полости, покрытой металлом или сплавом требуемого элемента, можно создать высоковольтный разряд; если на лампу подать напряжение, то атомы материала катода начнут излучать характеристические фотоны. Когда излучение пропускают через газообразную пробу, его интенсивность уменьшается, и по разности в интенсивностях определяют содержание элемента в пробе.

Как и в других количественных методах, в атомно-абсорбционной спектрометрии широко используется построение градуировочных графиков по стандартным образцам.

3.2.1.3. Рентгеноспектральный анализ

Основа метода проста. Образец бомбардируют рентгеновскими лучами, которые выбивают электроны из внутренних оболочек, и затем определяют энергию испускаемых фотонов. Известно, что высокоэнергетическое излучение может выбить электрон, занимающий внутреннюю электронную орбиту, расположенную вблизи атомного ядра. Если место выбитого электрона займет электрон, ранее находившийся на соседней оболочке, то за счет разности в энергиях двух электронов произойдет излучение рентгеновских фотонов.

Среди излучений, сопровождающих переходы между различными электронными оболочками, рентгеновское излучение отличается наибольшей энергией, а рентгеновские лучи попадают в диапазон наиболее коротких волн электромагнитного спектра (5 – 0,01 нм). Испускание рентгеновских лучей связано с переходами электронов между внутренними оболочками, энергетические уровни которых не зависят от состояния валентных электронных оболочек. Это позволяет использовать рентгеноспектральный анализ для определения концентрации элементов, находящихся как в виде свободных атомов, так и входящих в состав молекул. Не отражается на ходе анализа и агрегатное состояние образца: метод пригоден для анализа газов, жидкостей и твердых тел. Отсутствие влияния свободных и связанных валентных электронов приводит к тому, что на электронные переходы, вызывающие испускание рентгеновских фотонов, не «накладываются» изменения состояния других электронных оболочек. В результате в рентгеновском спектре наблюдаются не размытые полосы, а дискретные линии.

Для возбуждения образца используют высокоэнергетический источник, создающий пучок электронов, рентгеновских лучей или радиоактивное излучение. В отличие от атомно-эмиссионной спектрометрии в рентгеновской спектроскопии оптическими элементами являются не линзы, а система коллиматоров и кристалл-ионохроматор. Однако назначение этих элементов такое же, как и линз: сфокусировать излучение исследуемого образца в пучок и разделить его по длинам волн. Диспергирующее действие кристалла-монохроматора основано на дифракции рентгеновских лучей при взаимодействии с атомами, расположенными в строго определенных узлах кристаллической решетки. При дифракции рентгеновского излучения на кристаллографических плоскостях хорошо образованного кристалла в зависимости от угла падения лучей и ориентации плоскостей в пространстве излучение может усиливаться либо ослабляться. Поскольку в кристалле имеется очень много плоскостей, на которых и происходит дифракция, угол отражения рентгеновских лучей от кристалла будет изменяться в соответствии с длиной волны излучения. Как и в оптическом спектрофотометре, вращающийся монохроматор последовательно направляет лучи с различной длиной волны на детектор.

Детектирующее устройство должно отвечать многим требованиям. Это связано с тем, что рентгеновское излучение имеет большую энергию, но низкую интенсивность. Невелика и вероятность того, что возбуждение под действием рентгеновского излучения приведет к выбиванию электрона из внутренней оболочки. Поэтому детектор должен регистрировать каждый рентгеновский фотон, испущенный образцом.

Для детектирования применяют счетчики разной конструкции. Один из них – счетчик Гейгера – Мюллера. Он представляет собой цилиндрический катод, по оси которого протянута металлическая нить, образующая анод. Между катодом и анодом поддерживается разность потенциалов. Счетчик наполнен газом и в отсутствие заряженных частиц ток в цепи не проходит. Если, однако, через входное окошко в цилиндр попадает рентгеновский фотон, одна из молекул газа ионизируется. При некоторых условиях ионизации подвергается даже не одна, а сразу несколько молекул газа. Появление заряженных частиц приводит к падению разности потенциалов между электронами, в цепи возникает ток, величину которого легко измерить. Ионы, образованные при попадании заряженной частицы, притягиваются электродами и быстро нейтрализуются; между катодом и анодом вновь устанавливается первоначальная разность потенциалов, и ток прекращается до появления в пространстве между электродами следующего фотона.

3.2.1.4.Молекулярный спектральный анализ

Молекулярный спектральный анализ основан на изучении спектров электромагнитного излучения в инфракрасном, видимом и ультрафиолетовом диапазонах электромагнитных волн.

При спектрофотометрическом анализе световой поток видимого или ультрафиолетового излучения от источника света через систему оптических зеркал попадает в монохроматор, где свет разлагается на отдельные компоненты, из которых выходная щель монохроматора в зависимости от угла поворота решетки выделяет свет определенной длины волны (близкого диапазона волн). Такой «профильтрованный» свет и попадает на образец. Путем поворота монохроматора можно добиться того, что на анализируемый образец. Путем поворота монохроматора можно добиться того, что на анализируемый образец будет попадать свет заданной длины волны. Интенсивность светового потока, проделавшего путь от источника излучения через монохроматор и образец, измеряется в фотоприемнике. По устройству спектрофотометры, работающие в видимой и ультрафиолетовой областях спектра, между собой почти не отличаются, однако для исследования в ультрафиолетовой области необходим особый источник излучения и специальные кварцевые кюветы, поскольку обычное стекло поглощает ультрафиолетовые лучи.

Возможность применения явления поглощения света в количественном анализе основана на строгих математических зависимостях.

На первом этапе работы со спектрофотометром необходимо обеспечить постоянную плотность светового потока, то есть качество источника излучения и всей оптической системы преобразований светового потока. Затем готовят «холостые пробы», которые по своему составу близки к анализируемым образцам, но не содержат даже следовых количеств определяемых компонентов. Интенсивность света, пропущенного холостым раствором, принимается за нулевое значение. Эта операция, получившая название установки нуля, очень важна, потому что свет определенной длины волны зачастую поглощает не один, а сразу несколько компонентов раствора. В этих случаях результаты анализов оказываются неточными, и чтобы уменьшить погрешности, приходится проводить довольно сложные расчеты и вносить затем соответствующие поправки. Таким образом, в ходе анализа на пути светового потока помещается, прежде всего «холостой» раствор, показание регистрирующего прибора выводится на нулевую отметку, затем на место «холостого» образца устанавливается анализируемый образец и регистрируется показание прибора.

В современных спектрофотометрах такая двухступенчатая схема измерений заменена на одноступенчатую. Для этого свет, выходящий из монохроматора, делится на два потока, которые направляются на две кюветы (специальные емкости, в которые наливаются растворы для измерения) с растворами образца и «холостой» пробы. Детектор воспринимает сигналы от каждого светового потока, и, если плотности этих потоков между собой заметно отличаются, то часть светового потока начинают отсекать путем введения оптического клина. По мере того как толщина клина увеличивается, интенсивность потока света снижается, и, наконец, при определенном положении клина плотность обоих потоков становится одинаковой. Аналитику остается только зарегистрировать положение клина, которое зависит от поглощения анализируемого образца. Последнюю операцию – пересчет показаний детектора на концентрацию анализируемого компонента – выполняет микропроцессор.

Молекула не является какой-то жесткой конструкцией. В то время пока электроны непрерывно вращаются по своим орбитам, атомы, объединенные в молекулу, также не статичны, а, как правило, совершают те или иные движения относительно друг друга. В двухатомных молекулах движения (называемые колебаниями) вдоль линии связи приводят к изменению расстояния между соседними атомами (валентные колебания), а в многоатомных и к изменению угла между соседними связями (деформационные колебания). Каждый атом колеблется с собственной частотой и амплитудой. Тепловая энергия, выделяющаяся при таких колебаниях, по своей величине соответствует излучению возбужденной молекулы в инфракрасной (ИК) области спектра. Это означает, что, поглотив энергию одного ИК-фотона, атомы, образующие химическую связь, начнут колебаться быстрее, а испустив энергию ИК-фотона, уменьшают частоту колебаний.

Для атомов, входящих в молекулу, характерны движения еще одного вида – вращения атомов вокруг б-связи. Переходы между вращательными энергетическими уровнями сопровождаются меньшими изменениями энергий, чем между колебательными уровнями, и их можно наблюдать в дальней инфракрасной или микроволновой областях.

Интерпретацию ИК-спектров чаще всего проводят, сопоставляя спектральную картину анализируемого вещества со спектрами ряда известных соединений. Возможность применения такого подхода основана на том, что одни и те же группы атомов, соединенные одинаковыми связями, обнаруживают одну и ту же характеристическую частоту колебаний в самых разных соединениях, и для каждого типа колебаний характерна своя энергетическая область. Спектроскописты научились довольно точно интерпретировать ИК-спектры и по появлению в спектре тех или иных полос могут установить присутствие определенных функциональных атомных групп в исследуемом образце.

Существуют два основных способа идентификации химических соединений по ИК-спектрам. Первый из них – определение природы функциональных групп по положению полос в спектре и реконструкцией целой молекулы; это напоминает сборку отдельных деталей из кубиков в детской игре «Мозаика». Однако с увеличением числа атомных групп возрастает и число вариантов их сочленения, поэтому проводить идентификацию только по ИК-спектрам можно лишь в случае очень простых соединений. При изучении более сложного строения на помощь приходят другие методы анализа, в частности масс-спектрометрия. Другой способ идентификации – метод «отпечатков пальцев». С этой целью для спектра исследуемого вещества подыскивают «двойник» из набора спектров различных веществ в спектральном атласе. Подобным образом можно идентифицировать уже достаточно сложные молекулы, хотя данный метод эффективен только при использовании компьютера. Задача ЭВМ заключается в том, чтобы отобрать из памяти 2-3 спектра, наиболее близких к спектру исследуемого вещества, а окончательное решение вопроса о том, к какому из них ближе всего подходит полученный спектр, остается за исследователем.

3.2.2. Методы исследования внутренней структуры

По уровню выявления деталей внутренней структуры объектов (например, изделий из металлов и сплавов, керамики, лакокрасочных покрытий и т.п.) различают две группы методов.

1. Методы выявления микродефектов (пустоты, неравномерности распределения плотности вещества). При этом используются: рентгеновская, ультразвуковая, магнитная дефектоскопия, методы просвечивающей и растровой электронной микроскопии. Эти же методы применяются для установления дефектов технологии (например, при исследовании тонких пленок и покрытий), особенностей надмолекулярной структуры полимерных материалов и т.п.
2. Методы исследования структуры на молекулярном и атомарном уровне: молекулярная спектроскопия и рентгеноструктурный анализ. Среди последних различают: рентгеноструктурный анализ поликристаллов и монокристаллов, который позволяет исследовать качественный и количественный состав индивидуальных компонентов (химических соединений) вещества, определить кристаллическую структуру монокристаллов: рентгеновский фазовый анализ, который позволяет исследовать наряду с фазовым составом также текстуру материалов, эффекты малоуглового рассеивания полимерных материалов. Рентгеновский структурный анализ монокристаллов открывает возможности для определения пространственного расположения атомов в индивидуальных химических соединениях, межатомных расстояний, углов между химическими связями. Благодаря этому удается идентифицировать вещества по информации на атомном уровне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, вещественные доказательства, исследуемые судебными экспертами, обладают многими физическими и химическими свойствами, существенными для решения криминалистических задач. Физические константы, результаты анализа химических свойств часто дополняют друг друга. Для установления этих свойств применяются методы и приборы, сущность и принцип которых основаны на законах физики. Поэтому эффективное применение данных методов и приборов требует знания этих законов, а некоторые экспертные специальности – высшего физического, физико-химического, химико-физического образования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1.Васильев А.Н., Яблоков Н.П. Предмет, система и теоретические основы

криминалистики. М., 1984.

2.Митричев В.С. Криминалистическая экспертиза материалов, веществ и изделий. Саратов, 1980.

3.Криминалистика социалистических стран. Под редакцией проф. В.Я. Колдина, М., 1986.

4.Шляхов А.Р. Судебная экспертиза: организация и проведение. М.,1979.

5.Корухов Ю. Г. Исследование объектов криминалистической экспертизы с помощью некоторых оптических приборов. – Методика криминалистической экспертизы, № 2,М.,1961.

6.Спектральный анализ чистых веществ. Л.,1971

7.Физический энциклопедический словарь. Гл. ред. Прохоров А.М., М.,1984.

# Ход лучей через выпуклую линзу

а б



а – параллельный пучок света, проходя через линзу, собирается в фокусе F;

б – расходящийся из фокуса F пучок света, проходя через линзу, образует параллельный пучок.

рис. 1

Два примера возникновения изображения при использовании выпуклой линзы



а

б

а– точка P’ – действительное обратное (перевернутое) увеличенное изображение точки P;

б – точка P’ – мнимое прямое увеличенное изображение точки P.

рис.2

Принципиальная схема работы оптического микроскопа

Рис.3



 Оптический микроскоп

Рис.4

Принципиальная схема электронного микроскопа



Рис.5

Диаграмма электронных переходов между различными энергетическими

уровнями при поглощении и излучении света



рис.6

Блок-схема эмиссионного спектрометра



Рис.7

Принципиальная схема призменного монохроматора

 Рис.8