

Е.Ю. Логачева

# Методы и средства судебно-экспертных исследований

Deoxyribonucleic acid (DNA) is a nucleic acid that contains the genetic instructions used in the development and functioning of all known living organisms and some viruses. Chemically, DNA consists of two long polymers of simple units called nucleotides, with a backbone of sugars and phosphate groups joined by ester bonds. These two strands run antiparallel to each other and are therefore antiparallel. Attached to each sugar is one of four types of molecules called bases. It is the sequence of these bases which encodes the genetic information. This information is read using the genetic code, which specifies the sequence of the amino acids within proteins. The code allows for copying stretches of DNA into the related messenger RNA in a process called transcription.

Within cells, DNA is organized into long structures called chromosomes. These chromosomes are duplicated before cells divide, in a process called DNA replication. Eukaryotic organisms (animals, plants, fungi, and protists) store most of their DNA inside the cell nucleus and some of their DNA in organelles such as mitochondria or chloroplasts. In contrast, both prokaryotes (bacteria and archaea) store their DNA only in the cytoplasm. Within the chromosomes, chromatin proteins such as histones compact and organize DNA. These compact structures govern the functions of DNA and other processes, including control which parts of the DNA are transcribed.

DNA exists in many possible conformations that include A-DNA, B-DNA, and Z-DNA forms, although only B-DNA and Z-DNA have been directly observed in functional organisms [10]. The conformation that DNA adopts depends on the hydration level, chemical environment and direction of supercoiling. Chemical modifications of the bases, the type and concentration of metal ions, as well as the presence of polyanions in solution [21].

The first published reports of A-DNA X-ray diffraction patterns—and also B-DNA used analyses based on Patterson transforms that provided only a limited amount of structural information for oriented fibers of DNA [20][21]. An alternate analysis was then proposed by Wilkins et al in 1953, for the *in vivo* B-DNA X-ray diffractive scattering patterns of highly hydrated DNA fibers in terms of squares of Bessel functions [22]. In the following year, Watson and Crick presented their model after modeling analysis of the DNA X-ray diffraction pattern to suggest that the structure was a double helix [7].

Although the B-DNA form is most common (under the conditions found in cells), it is not a well-defined conformation but a family of related DNA conformations [24] that occur at the high hydration level present in living cells. Their corresponding X-ray diffraction and scattering patterns are characteristic of molecular crystals with a significant degree of disorder [25][26].

Compared to B-DNA, the A-DNA form is a wider right-handed spiral, with a shallow, wide minor groove and a narrower, deeper major groove. The A form is produced by highly hydrated DNA, while in the cell it may be produced by hybrid portions of DNA and RNA strands, segments of DNA where the bases have been chemically modified by methylation may undergo a large change in conformation and adopt the Z-form.

random] plasmid

Краснодар  
2024

Краснодарский университет МВД России

**Е. Ю. Логачева**

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Учебно-наглядное пособие

Краснодар  
2024

УДК 340.6(042.4)  
ББК 67.400  
Л690

Одобрено  
редакционно-издательским советом  
Краснодарского университета  
МВД России

Рецензенты:

*В. А. Омельченко*, кандидат фармацевтических наук (ЭКЦ ГУ МВД России по Краснодарскому краю);  
*В. Н. Черниговский*, кандидат педагогических наук (Волгоградская академия МВД России).

**Логачева Е. Ю.**

Л690 Методы и средства судебно-экспертных исследований : учебно-наглядное пособие / Е. Ю. Логачева. – Краснодар : Краснодарский университет МВД России, 2024. – 66 с.

ISBN 978-5-9266-2073-0

В учебно-наглядном пособии в форме наглядных схем, таблиц, иллюстраций изложены теоретические сведения о методах и средствах, применяемых в ходе производства криминалистических экспертиз и исследований.

Для профессорско-преподавательского состава, курсантов, слушателей образовательных организаций МВД России и сотрудников органов внутренних дел Российской Федерации.

УДК 340.6(042.4)  
ББК 67.400

ISBN 978-5-9266-2073-0

© Краснодарский университет  
МВД России, 2024

## *Содержание*

1. Сведения о строении вещества.....	4
2. Химические методы в судебно-экспертных исследованиях.....	16
3. Электромагнитное излучение в исследовании вещественных доказательств.....	29
4. Свойства света.....	40
5. Методы установления элементного состава объектов судебно-экспертных исследований.....	50
6. Методы установления молекулярного состава объектов судебно-экспертных исследований.....	56
Список источников.....	65

## *1. Сведения о строении вещества*

Вещество как объект судебно-экспертных исследований.....	5
Классификация веществ.....	6
Ядерная модель атома.....	7
Опыт Резерфорда.....	8
Спектр атома водорода.....	9
Постулаты Бора.....	10
Критерий поглощения и испускания фотонов при взаимодействии света с веществом.....	11
Спектральные серии атома водорода.....	12
Соответствие между энергетическими переходами и спектральными линиями.....	13
Типы химических.....	14
Условия возникновения различных видов химической связи.....	15
Типы кристаллических решеток.....	16

## Вещество как объект судебно-экспертных исследований



### Криминалистическое исследование наркотических средств

- Амфетамины
- Героин и т.д.



### Криминалистическое исследование спиртосодержащих веществ

- Этиловый спирт
- Метиловый спирт и т.д.



### Криминалистическое исследование продуктов выстрела и взрывов

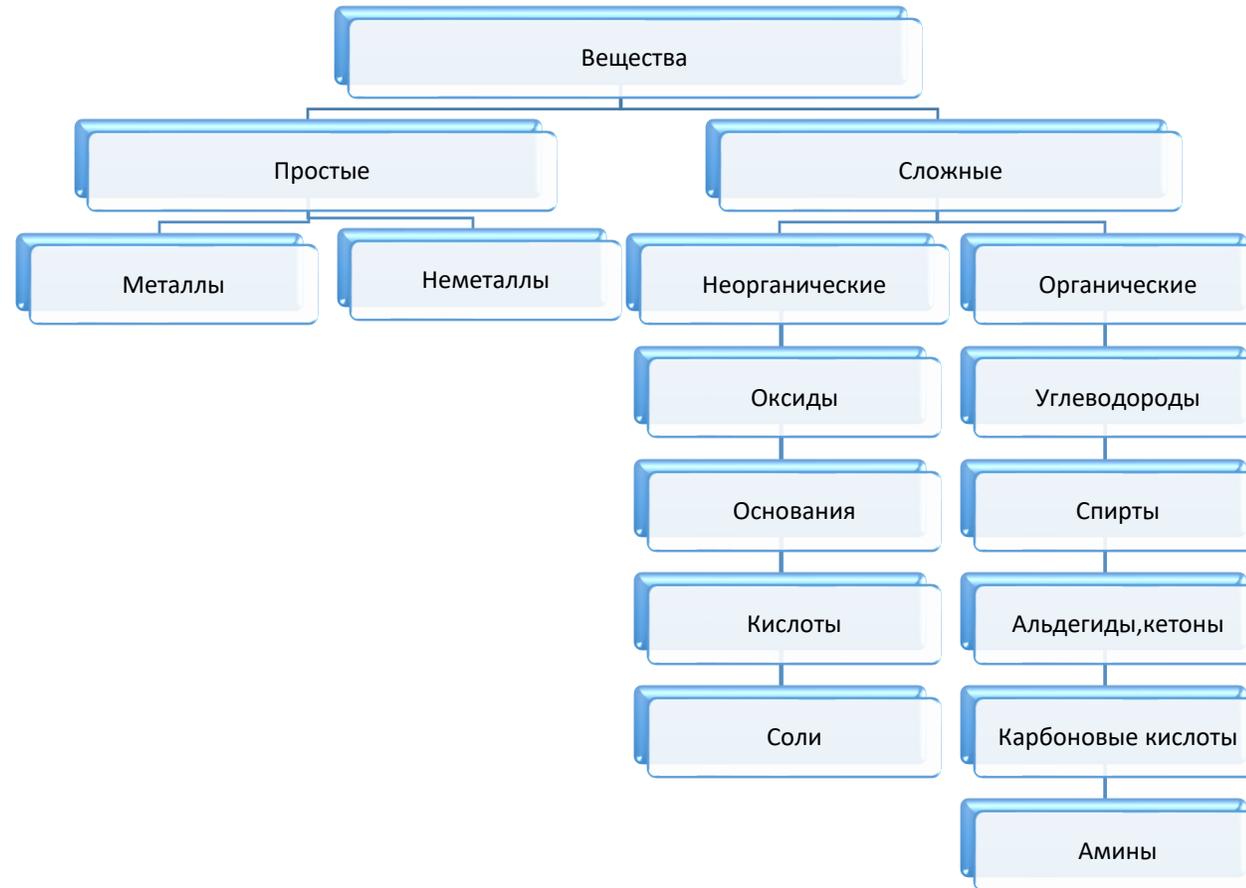
- Взрывчатые вещества и продукты взрыва
- Элементный состав продуктов выстрела



### Криминалистическое исследование материалов документов

- Красители, входящие в состав чернил
- Вещества в составе клея, сургуч, картон, бумага и т.д.

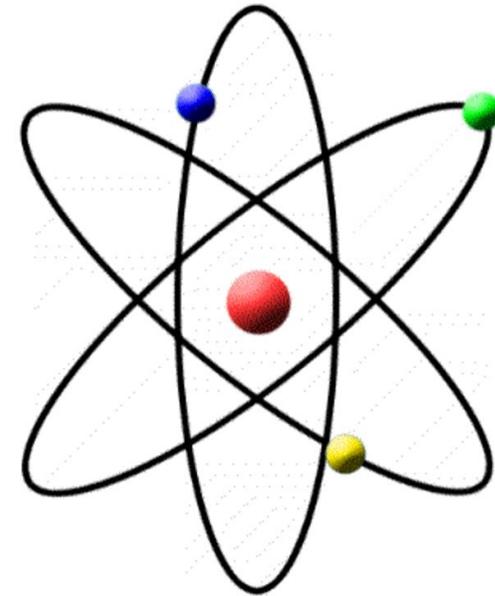
## Классификация веществ



## Ядерная модель атома

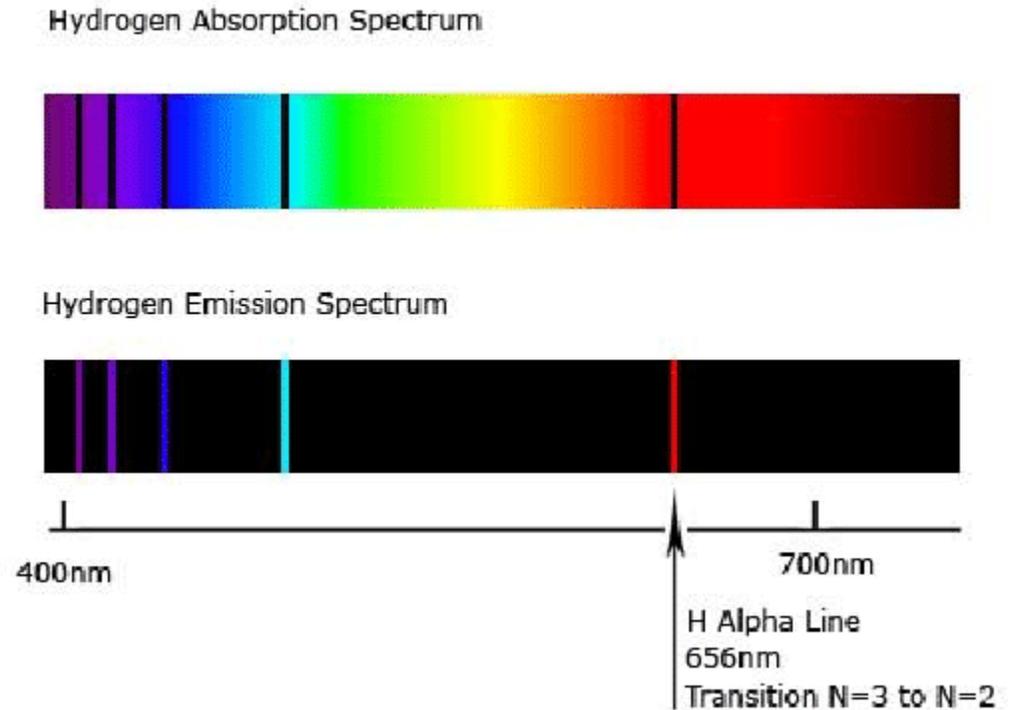
В ядре атома (области с линейными размерами  $10^{-15}10^{-14}\text{м}$ ) сосредоточены весь его положительный заряд и практически вся масса атома (99,9 %). Вокруг ядра в области с линейными размерами  $\sim 10^{-10}\text{м}$  (размеры атома оценены в молекулярно-кинетической теории) движутся по замкнутым орбитам отрицательно заряженные электроны, масса которых составляет лишь 0,1 % массы ядра. Следовательно, электроны находятся от ядра на расстоянии от 10 000 до 100 000 поперечников ядра, то есть основную часть атома составляет пустое пространство.

- Центральную часть атома занимает положительно заряженное ядро.
- Практически вся масса атома сосредоточена в ядре.
- Вокруг ядра на значительном расстоянии от него вращаются электроны – отрицательно заряженные частицы, суммарный заряд которых нейтрализует положительный заряд ядра и делает атом электронейтральным.
- Электроны образуют электронную оболочку атома.



## Спектр атома водорода

- Спектр поглощения наблюдается, если видимый свет пропустить через атомарный водород.
- Спектр испускания наблюдается в излучении нагретого атомарного газа.
- Линии в спектре поглощения и испускания совпадают.

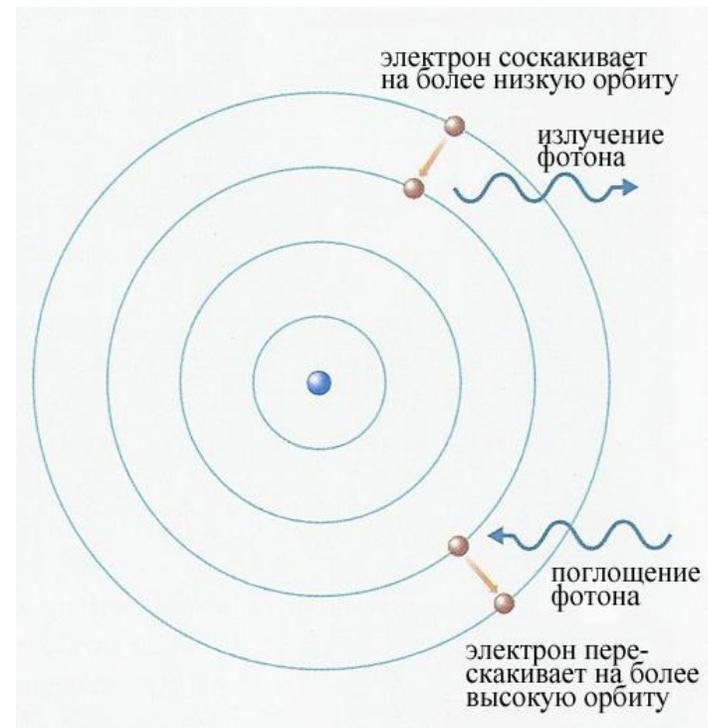


## Постулаты Бора

*Первый постулат Бора (постулат стационарных состояний):* атомная система может находиться только в особых стационарных или квантовых состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия  $E_n$ . В стационарных состояниях атом не излучает.

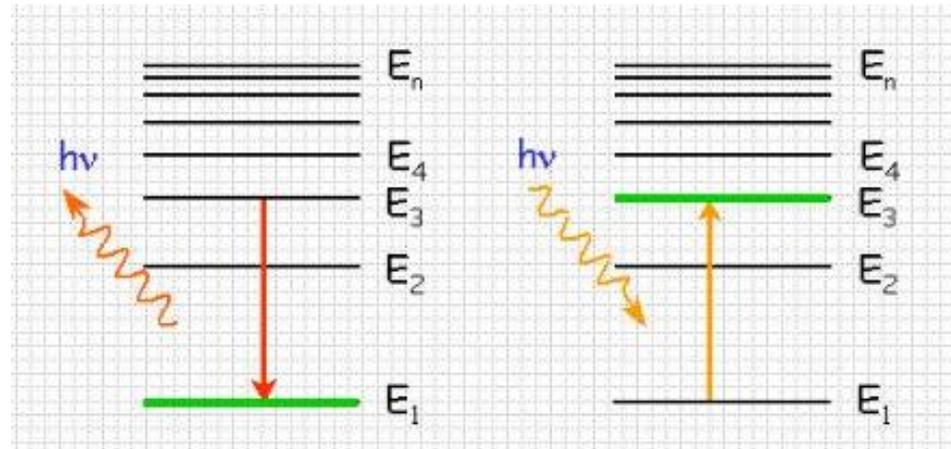
*Второй постулат Бора (правило частот):* При переходе атома из одного квантового состояния в другое атом испускает или поглощает квант электромагнитного излучения (фотон). Энергия излученного или поглощенного фотона равна разности энергий стационарных состояний:

$$\varepsilon = h\nu = E_n - E_m$$



## Критерий поглощения и испускания фотонов при взаимодействии света с веществом

Различают основное  $E_1$  и возбужденные  $E_2, E_3, \dots, E_n$  энергетические состояния. При переходе из возбужденного состояния в основное атом излучает; при переходе из основного в возбужденного состояния атом поглощает.



излучение

поглощение

## Спектральные серии атома водорода

Серия Лаймана:

$$\nu = R \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

$$m = 2, 3, 4, \dots$$

Серия Бальмера:

$$\nu = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

$$m = 3, 4, 5, \dots$$

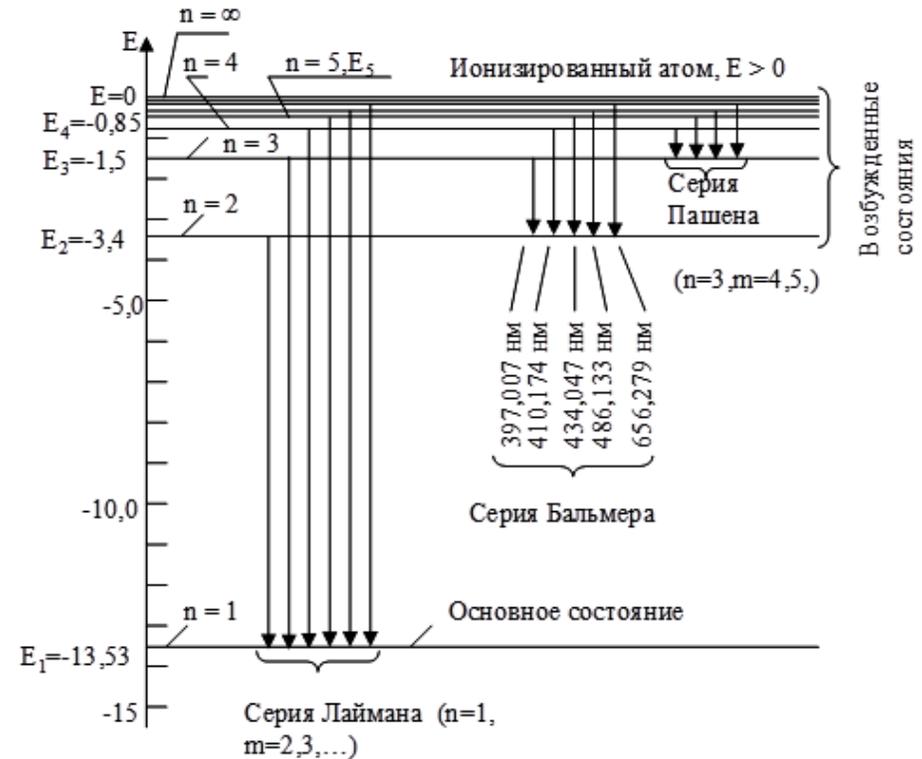
Серия Пашена:

$$\nu = R \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

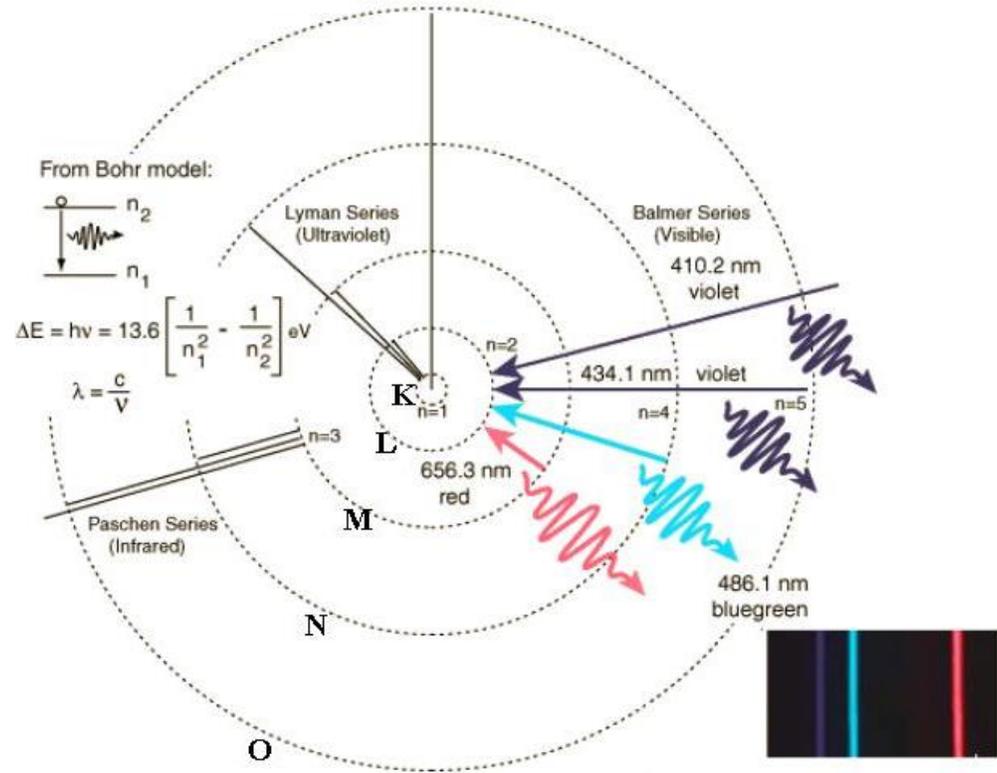
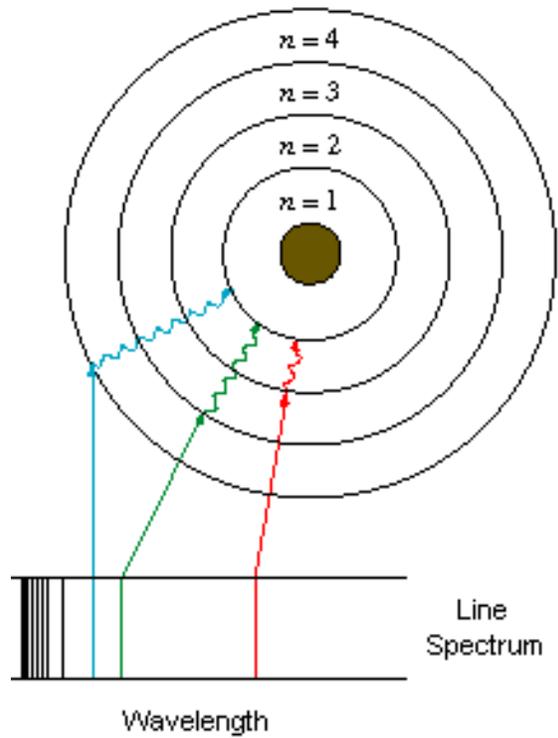
$$m = 4, 5, \dots$$

$$R = 3.29 \cdot 10^{15} \text{ c}$$

-постоянная Ридберга



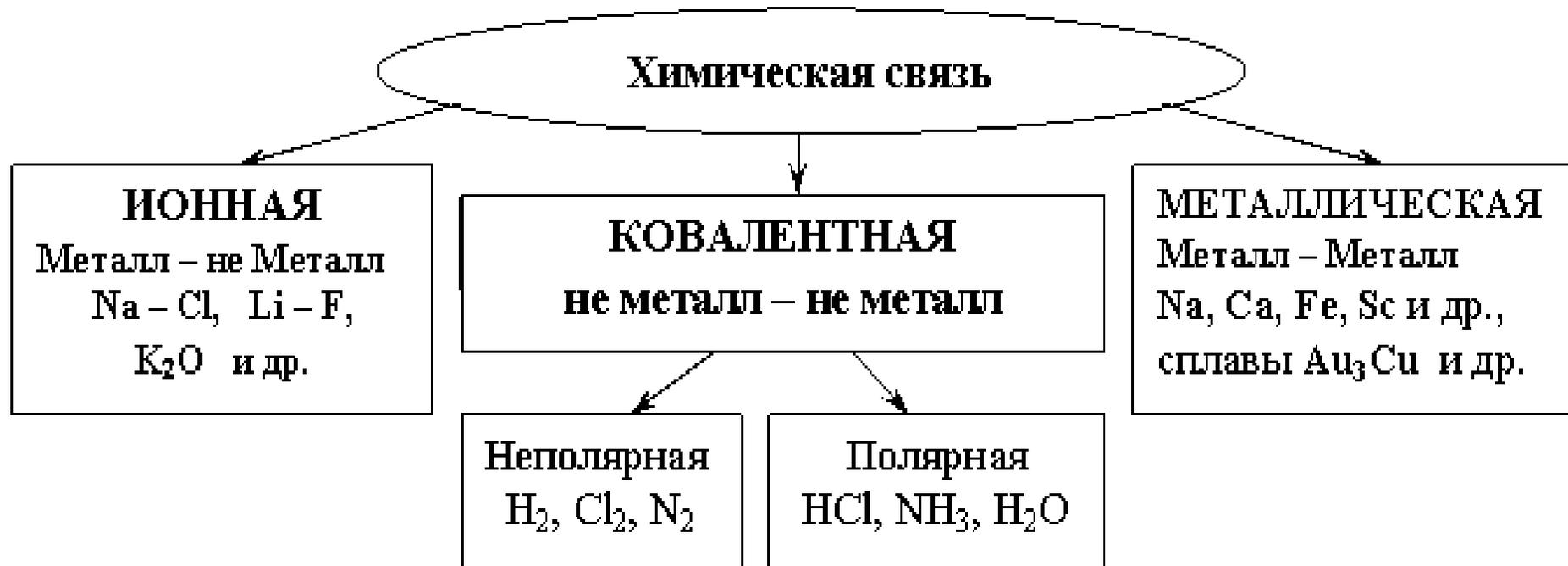
## Соответствие между энергетическими переходами и спектральными линиями



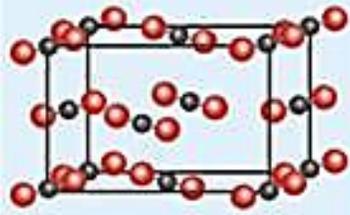
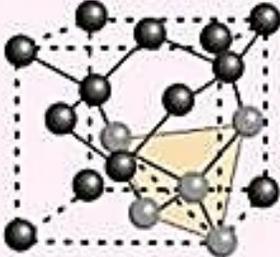
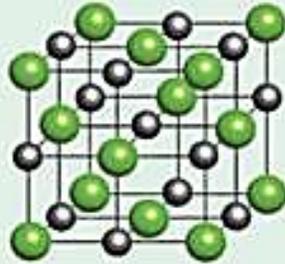
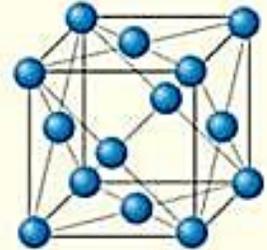
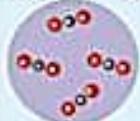
## Типы химических связей



Условия возникновения различных видов химической связи



## Типы кристаллических решеток

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ $\text{CO}_2$	АТОМНЫЕ $\text{C}$	ИОННЫЕ $\text{NaCl}$	МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ $\text{Cu}$
			
Углекислый газ  $t_{\text{кип}} -78^\circ\text{C}$	$t_{\text{пл}} 3500^\circ\text{C}$ $t_{\text{кип}} 4200^\circ\text{C}$	$t_{\text{пл}} 801^\circ\text{C}$ $t_{\text{кип}} 1465^\circ\text{C}$	$t_{\text{пл}} 1083^\circ\text{C}$ $t_{\text{кип}} 2567^\circ\text{C}$
Твердая двуокись углерода 	Алмаз 	Галит 	Медь 

## *2. Химические методы в судебно-экспертных исследованиях*

### Выявление следов рук химическими реактивами

Выявление следов рук нингидрином.....	18
Выявление следов рук с помощью азотнокислого серебра.....	19
Выявление следов рук с помощью паров йода.....	20
Выявление следов рук с помощью паров цианакрилата.....	21
Выявление следов рук с помощью перманганата калия.....	22

### Применение качественных реакций в целях предварительной оценки химического состава объектов экспертного исследования

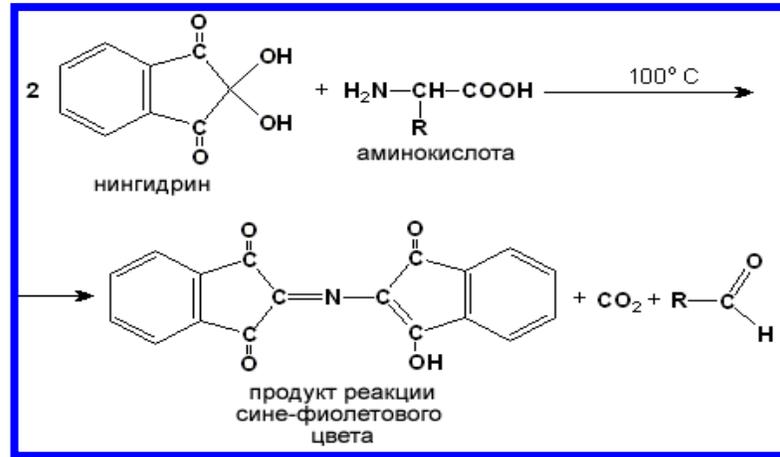
Понятие о качественных реакциях.....	23
Качественные реакции для обнаружения следов крови.....	24
Качественные реакции для обнаружения психотропных веществ.....	25

## Применение химических тест-методов

Понятие о химических тест-методах.....	26
Химические экспресс-тесты для обнаружения наркотических препаратов.....	27
Химические экспресс-тесты для обнаружения взрывчатых веществ.....	28

## Выявление следов рук нингидрином

Использование нингидрина для проявления отпечатков пальцев основано на его взаимодействии с остатками аминокислот, входящих в состав белков потожировых выделений. В результате чего образуются продукты, окрашенные в сине-фиолетовый цвет. Заметная скорость протекания реакции достигается при нагревании.



*Ninhydrin with acetone  
will run most links*

*Sirchie's Special Formula  
Ninhydrin will not run  
most links.*

*Ninhydrin with acetone  
will run most links.*

*Sirchie's Special Formula  
Ninhydrin will not run  
most links.*

Invoice #	0000000
Date	01/08/04
Time	07:04AM
Auth #	063542
Visa Acct #	XXXXXXXXXXXX
Exp. Date	05/05
Pump	08
Gallons	14.299
Price	\$1.4
Product	UNLEADED
Amount	\$21.
Total Sale	\$21.
Have a Nice Day!	
Don't Drink & Drive	

## Выявление следов рук с помощью азотнокислого серебра

Азотнокислое серебро взаимодействует с солями хлористого натрия и хлористого кальция потожирового вещества. В результате реакции образуется хлористое серебро, которое затем под действием света распадается и переходит в металлическое серебро, что придает темно-коричневую (вплоть до черной) окраску следу рук



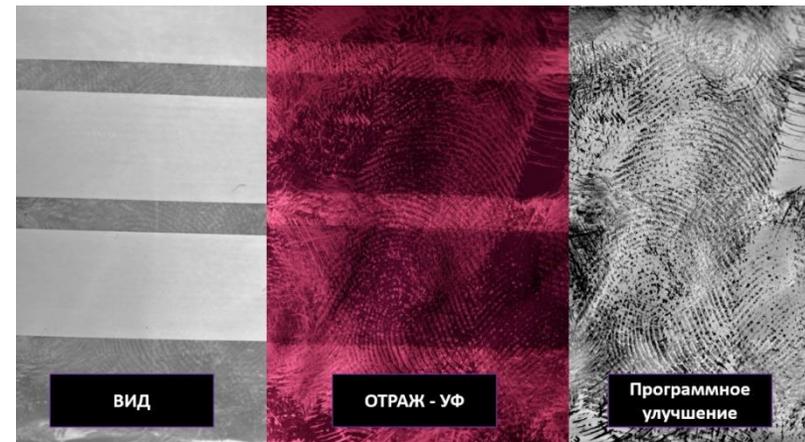
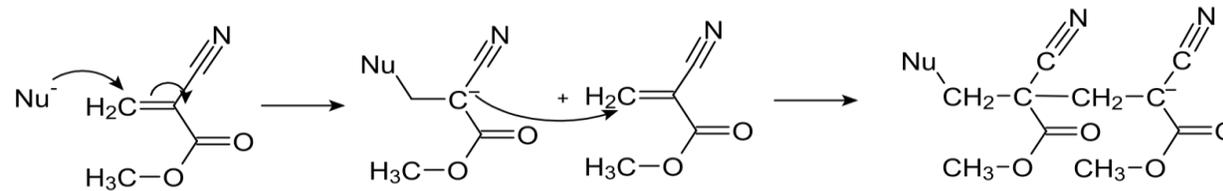
## Выявление следов рук с помощью паров йода

Метод основан на физической адсорбции паров йода на потожировом веществе следа с окрашиванием папиллярного узора в коричневый цвет



## Выявление следов рук с помощью паров цианакрилата

Метод основан на реакции эфиров с аминокислотами и водой потожирового вещества с образованием молочно-белых следов-полимеров на поверхности объекта:



## Выявление следов рук раствором перманганата калия

Использование раствора перманганата калия для выявления следов рук основано на окислении потожирового вещества марганцевой кислотой. Образующаяся в результате этой реакции нерастворимая в воде окись марганца  $MnO_2$  остается на месте протекания реакции и выявляет след, окрашивая его в коричневый цвет



## Понятие о качественных реакциях

Качественные реакции - аналитические реакции, основанные на превращении анализируемого вещества в какое-нибудь новое соединение, обладающее *характерными свойствами*: цветом, определенным физическим состоянием, кристаллической или аморфной структурой, специфическим запахом и т.д.

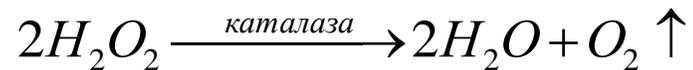
В криминалистической практике качественные реакции являются средством для обнаружения вещественных компонентов связанных с обстоятельствами происшествия:

- наркотические вещества
- взрывчатые вещества
- пятна крови и.т.д.

## Качественные реакции для обнаружения следов крови

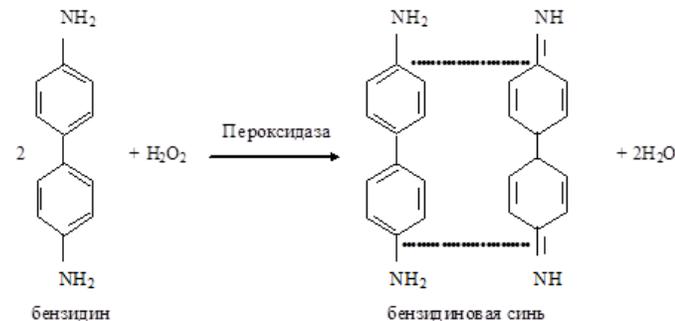
### реакция с 3 % перекисью водорода $H_2O_2$

в присутствии каталазы (содержится в кровяных тельцах) перекись водорода вспенивается за счет быстрого разложения на кислород и воду с выделением пузырьков кислорода:



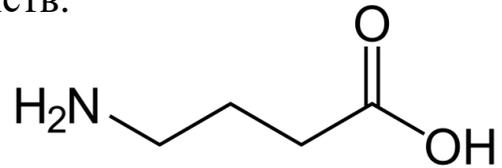
### бензидиновая проба

при разложении перекиси водорода выделяющийся кислород окисляет бензидин, который окрашивает объект в синий цвет :



## Качественные реакции для обнаружения психотропных веществ (на примере $\gamma$ -аминомасляной кислоты)

**$\gamma$ -аминомасляная кислота (ГАМК)**- органическое соединение, оказывает психотропное действие, тормозной нейромедиатор центральной нервной системы человека, входит в состав лекарственных препаратов для лечения нервных расстройств.



Для предварительной оценки факта употребления препаратов на основе ГАМК используют нагретый раствор  $\text{CuSO}_4$  с концентрацией 0,01—1,0 моль/л. Появление темно-синего окрашивания тампона указывает на возможное наличие препарата прегабалин или пикамилон и их следов в организме проверяемого лица [1].



## Понятие о химических тест-методах

- *Тестирование (тест)* в химическом анализе означает быструю и простую оценку присутствия и/или содержания химического компонента в образце.
- *Химические тест-методы* — это приемы, основанные на использовании химических реакций и реагентов в условиях, в формах и при помощи устройств, обеспечивающих при взаимодействии с исследуемым объектом получение визуально наблюдаемого эффекта, позволяющего сделать вывод о возможном присутствии искомого вещества.
- Тест-методы позволяют проводить предварительное экспертное исследование на месте происшествия



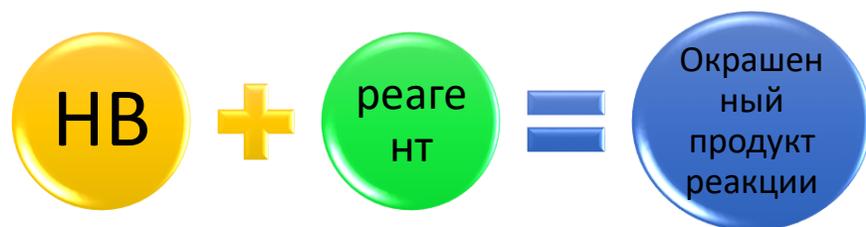
## Химические экспресс-тесты для обнаружения наркотических препаратов[2]

Используют при проведении мероприятий по обнаружению и изъятию наркотических средств из незаконного оборота.

Обеспечивают быстрое выявление наркотических веществ в исследуемой выборке объектов.

Простая методика анализа, не требующая лабораторной техники и специальных знаний оператора.

Основа - образование характерной окраски при взаимодействии химических реактивов с объектом, содержащим НВ:



Комплект экспресс-тестов для выявления наркотических веществ «Наркоспектр»

## Химические экспресс-тесты для обнаружения взрывчатых веществ

Комплект для экспресс-анализа проб на наличие взрывчатых веществ «ВИРАЖ-ВВ» предназначен для обнаружения и идентификации взрывчатых веществ по их следовым количествам на подозрительных объектах, поверхностях упаковок, на одежде и руках человека [3].



**Состав комплекта**

- Три флакона-капельницы с реактивами А, В, С
- Салфетки из фильтровальной бумаги
- Пылезащитный корпус

**Способ применения**

- Обтереть салфеткой исследуемый объект (руки, сумку и т.д.)
- Нанести 1-2 капли реактива А на загрязненную салфетку
- При наличии в пробе следов тротила или динитротолуола, салфетка изменит цвет на красно-фиолетовый
- Если салфетка не изменила цвет, нанести реактив В, и сразу реактив С
- При наличии в пробе следов тетрила, салфетка изменит цвет на оранжевый
- При наличии в пробе следов гексогена, октогена, ТЭНа или нитроглицерина салфетка изменит цвет на розовый

**Чувствительность прибора**

Наименование ВВ	Предел обнаружения ВВ, г
Тротил	$1 \times 10^{-8}$
Тетрил	$1 \times 10^{-6}$
Гексоген	$1 \times 10^{-6}$
Октоген	$1 \times 10^{-6}$
ТЭН	$1 \times 10^{-5}$

**Примечание**

- ⌚ Время анализа — не более 1 мин.
- ⚠️ Один комплект рассчитан более чем на 100 тестов

### *3. Электромагнитное излучение в исследовании вещественных доказательств*

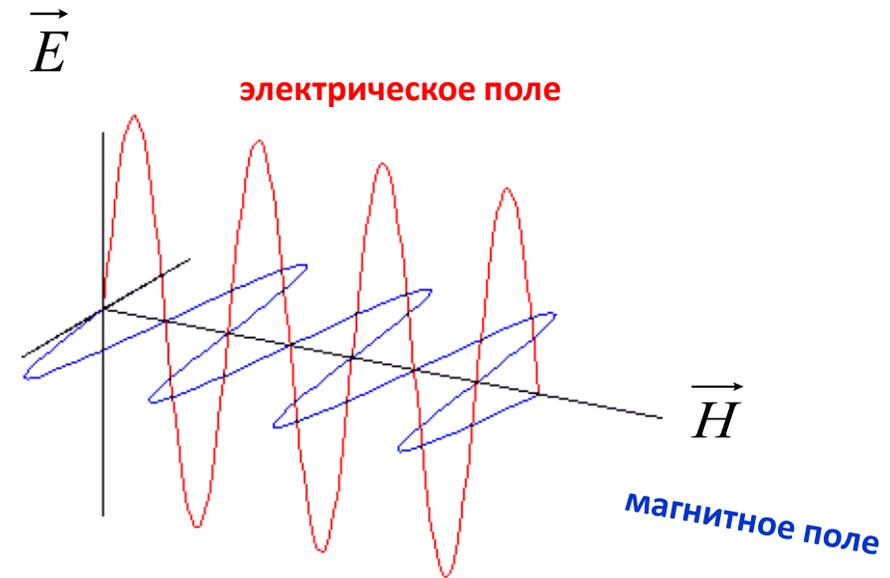
Понятие об электромагнитных волнах.....	30
Характеристики электромагнитных волн .....	31
Скорость света .....	32
Шкала электромагнитных волн .....	33
Области применения электромагнитного излучения в судебно-экспертных исследованиях.....	34
Писк следов .....	35
Проверка подлинности документов .....	36
Выявление следов рук, обработанных флуоресцентными порошками .....	37
Наблюдение флуоресценции маркирующих веществ .....	38
Визуализация следов биологических жидкостей с помощью экспертного света.....	39

## Понятие об электромагнитных волнах

Электромагнитная волна - процесс распространения электромагнитного поля в пространстве. Электромагнитная волна представляет собой процесс последовательного, взаимосвязанного изменения векторов напряжённости электрического и магнитного полей, направленных перпендикулярно лучу распространения волны, при котором изменение электрического поля вызывает изменения магнитного поля, которые, в свою очередь, вызывают изменения электрического поля.

$$E = E_{\max} \sin \omega \left( t - \frac{x}{v} \right)$$

$$H = H_{\max} \sin \omega \left( t - \frac{x}{v} \right)$$



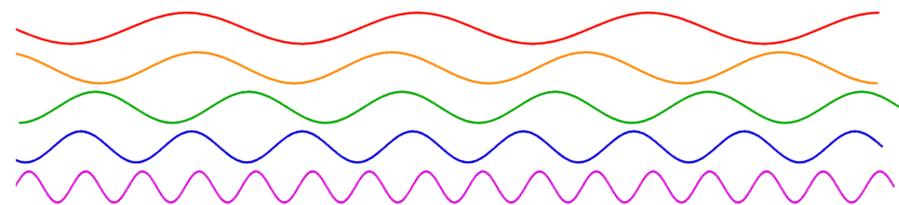
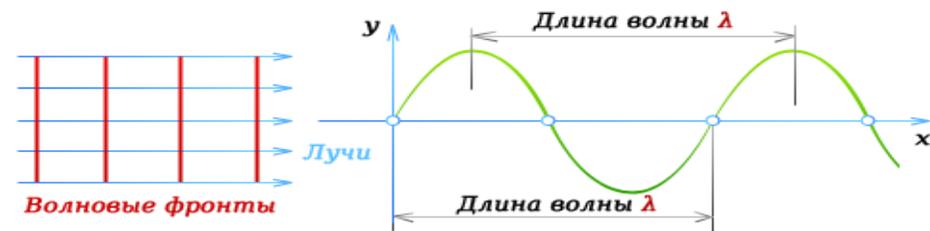
$E$  и  $H$  – мгновенные напряженности полей,  
 $E_{\max}$  и  $H_{\max}$  – максимальные напряженности,  
 $\omega$  – круговая частота колебаний векторов  $E$  и  $H$ ,  
 $v$  – скорость распространения волны

## Характеристики электромагнитных волн

Длина волны — кратчайшее расстояние между двумя точками в пространстве, на котором фаза гармонической электромагнитной волны меняется на  $360^\circ$ .

Фаза - это состояние (стадия) периодического процесса.

Частота волны- частота колебаний электромагнитного поля - число колебаний поля в секунду.



Схематичное изображение световых волн видимого диапазона

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

$\lambda$  — длина волны, м (нм)

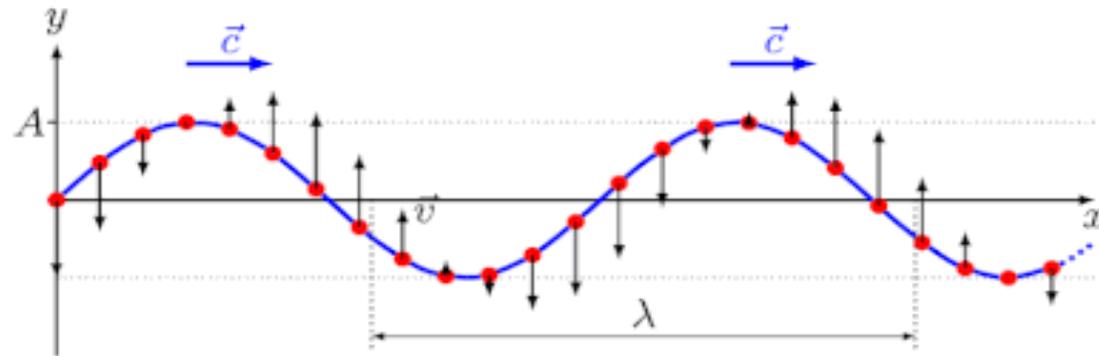
$\nu$  — частота волны, Гц

$c$  — скорость света в вакууме

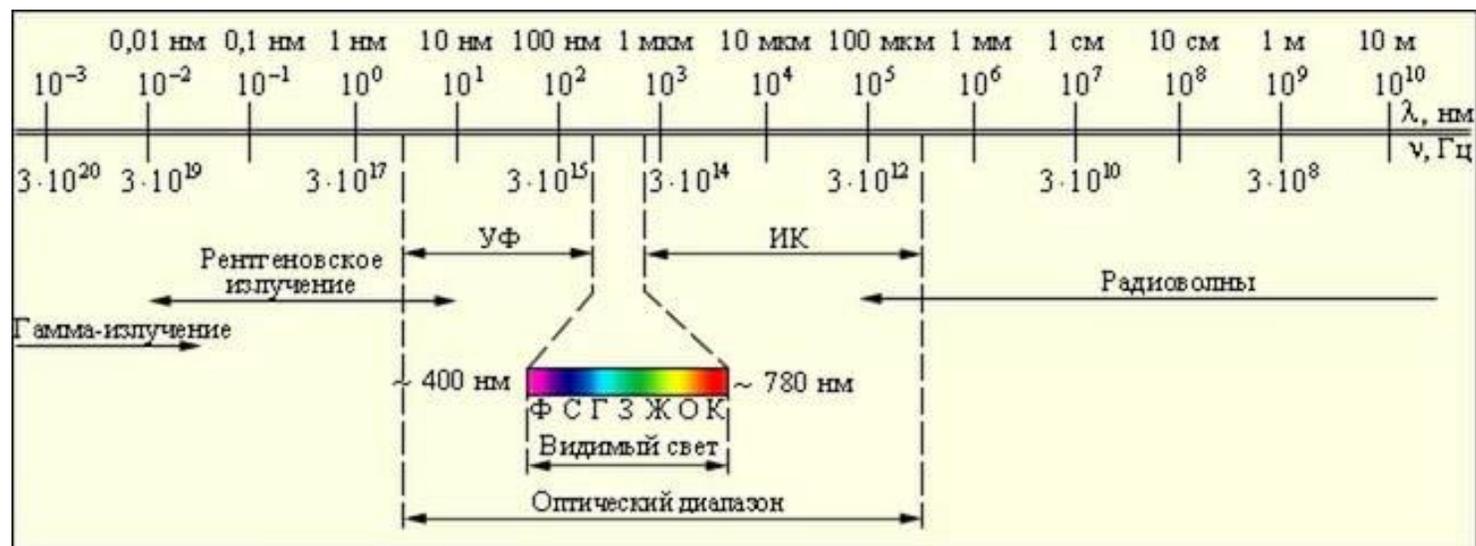
## Скорость света

Скорость распространения электромагнитной волны (скорость света) - скорость последовательного распространения волны от источника энергии.

В вакууме скорость распространения световых волн  $c$  равна 299 792 458 м/с.



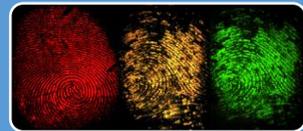
## Шкала электромагнитных волн



## Области применения электромагнитного излучения в судебно-экспертных исследованиях



Обнаружение и исследование невидимых следов рук



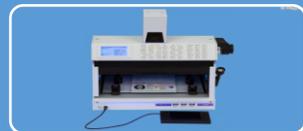
Наблюдение и фиксация выявленных следов рук с использованием флуоресцентных порошков и реагентов



Обнаружение следов биологических жидкостей и крови



Обнаружение люминесцентных маркирующих веществ



Криминалистическое исследование документов

## Поиск следов биологического происхождения

### Источник экспертного света Lumatec Superlite M05

предназначен для поиска и обнаружения следов различной природы при осмотрах места происшествия и в лабораторных условиях



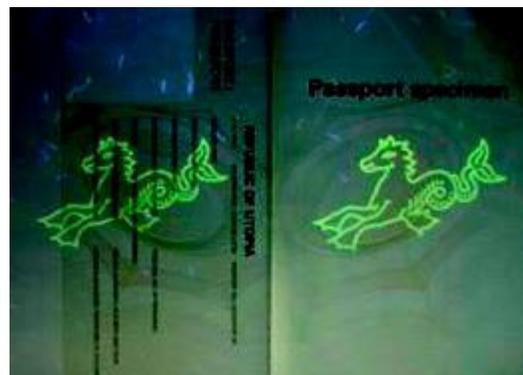
Излучатель	Характеристики излучения	Визуализация	Применение
365 390	Ультрафиолет Прямоугольник	Прозрачные очки(УФ защитные)	Общий поиск, следы пальцев рук, волокна, биологические жидкости, экспресс исследование документов (При поиске следов биологического происхождения максимально снижать время воздействия для предотвращения разрушения ДНК)
405	Фиолетовый	Желтые/Оранжевые очки	Кровь, сперма, биологические жидкости
445	Синий	Желтые/Оранжевые очки	Кровь, сперма, биологические жидкости, следы пальцев рук, обработанные флуоресцентным порошком
530	Зеленый	Оранжевые очки	Следы пальцев рук, обработанные с помощью ДФО
595	Желтый	Красные очки	Следы пальцев рук, обработанные с помощью Нингидрина
850	Инфракрасный	Специализированная камера ИК диапазона	Следы выстрела, коготь, следы крови, экспресс исследование документов, объекты судебно-медицинской экспертизы.

## Проверка подлинности документов

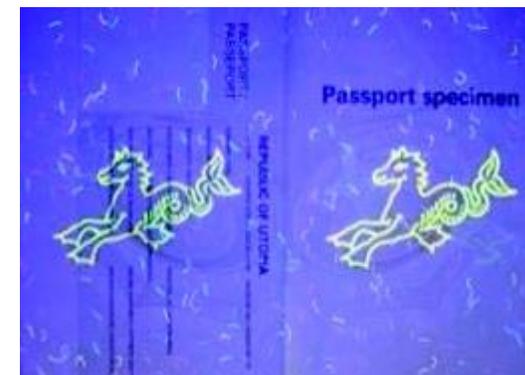
Прибор для проверки подлинности документов INSPEC-6:



Эффективно используется для верификации документов в пунктах пограничного и миграционного контроля, аэропортах, банках, подразделениях полиции, криминалистических лабораториях и пунктах обмена валюты.



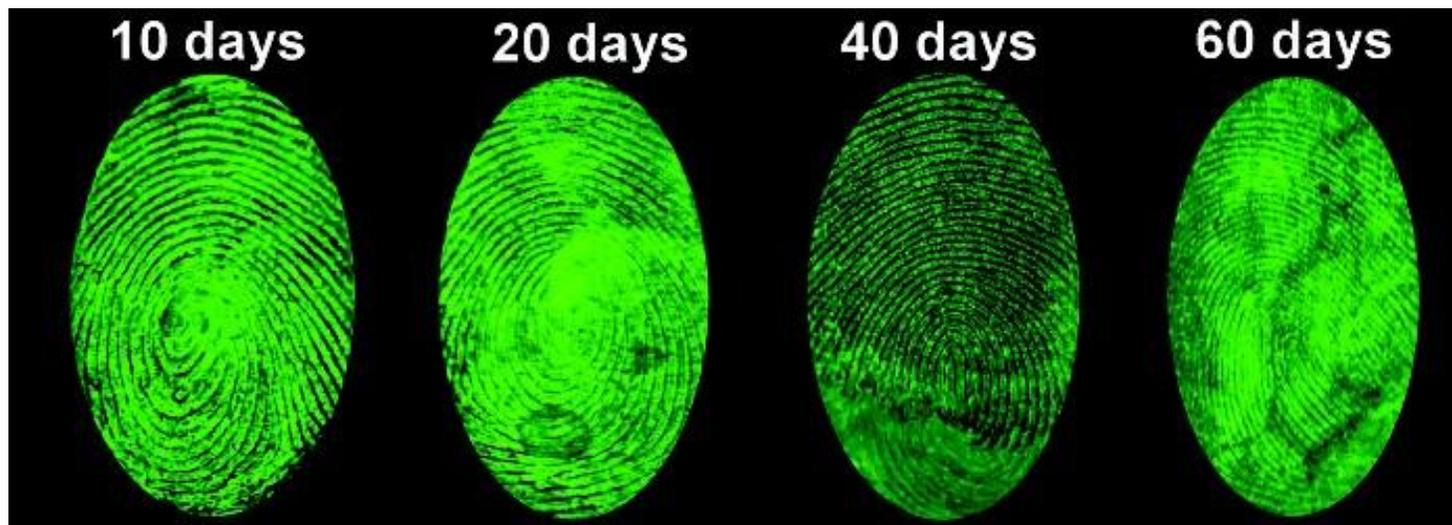
254 нм



365 нм

## Выявление следов рук, обработанных флуоресцентными порошками

Следы рук, обработанными люминесцентными дактилоскопическими порошками выявляются в УФ-лучах .



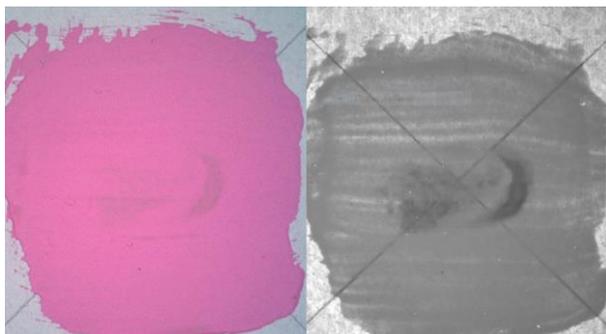
## Наблюдение флуоресценции маркирующих веществ

Люминесцентное меточное средство ИСКРА-365 для выявления фактов несанкционированного доступа, а также случаев хищения. Наносится на шероховатые поверхности предметов. После прикосновения на пальцах злоумышленника остается некоторое количество вещества, присутствие которого можно обнаружить при освещении ультрафиолетовым фонарем с длиной волны 365 нм



Люминесцентный маркер «Маркер-365» предназначен для пометки различных предметов с целью установления подлинности, выявления фактов подмены или несанкционированного вскрытия. Материалы, пригодные для нанесения метки: искусственная и натуральная кожа, окрашенные металлы, изделия из пластмассы, дерево и т.п. О подлинности предмета судят по характерному синему свечению, возникающему после полного высыхания при освещении специальным ультрафиолетовым фонарем с длиной волны 365 нм.

## Визуализация следов биологических жидкостей с помощью экспертного света [4]



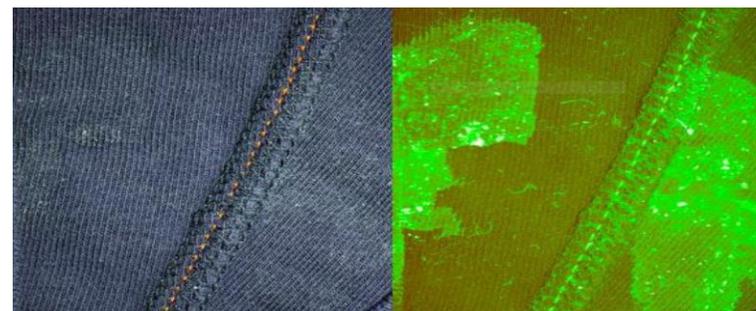
Слева – вид покрашенной стены в диапазоне видимого света, справа – вид следов крови под краской в диапазоне ИК света (700-800 нм)



Слева – вид фрагмента стены в диапазоне видимого света, справа – вид фрагмента стены со следами рук в диапазоне синего света (420-470 нм)



Слева – вид футболки в диапазоне видимого света, справа – вид футболки со следами крови в диапазоне ИК света (700-800 нм)



Слева – вид ткани в диапазоне видимого света, справа – вид ткани со следами семенной жидкости в диапазоне синего света (420-470 нм)

## 4. Свойства света

### Волновые свойства света

Интерференция электромагнитных волн.....	41
Дифракция света.....	42

### Корпускулярные свойства света

Фотоэффект.....	43
Фотоумножитель.....	44

### Взаимодействие света с веществом

Преломление и отражение света на границе раздела двух фаз.....	45
Дисперсия света.....	46
Поглощение электромагнитного излучения веществом.....	47

### Монохроматизация света

Призмный монохроматор.....	48
Дифракционный монохроматор.....	49

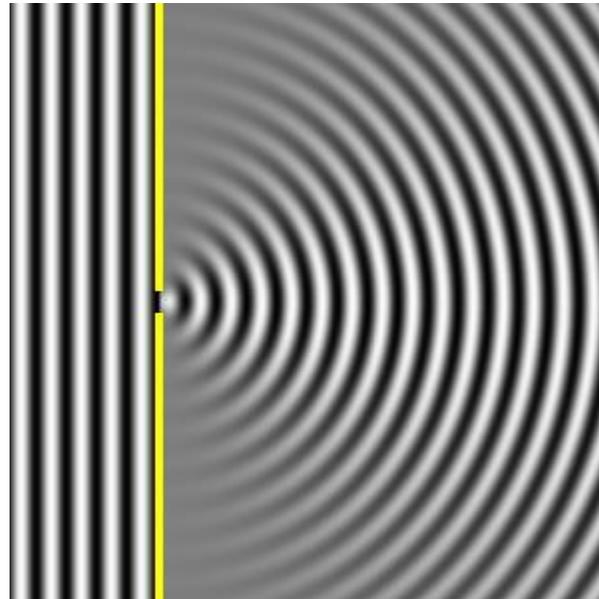
## Интерференция электромагнитных волн

Интерференция волн - взаимное увеличение или уменьшение результирующей амплитуды двух или нескольких когерентных волн при их наложении друг на друга.



## Дифракция света

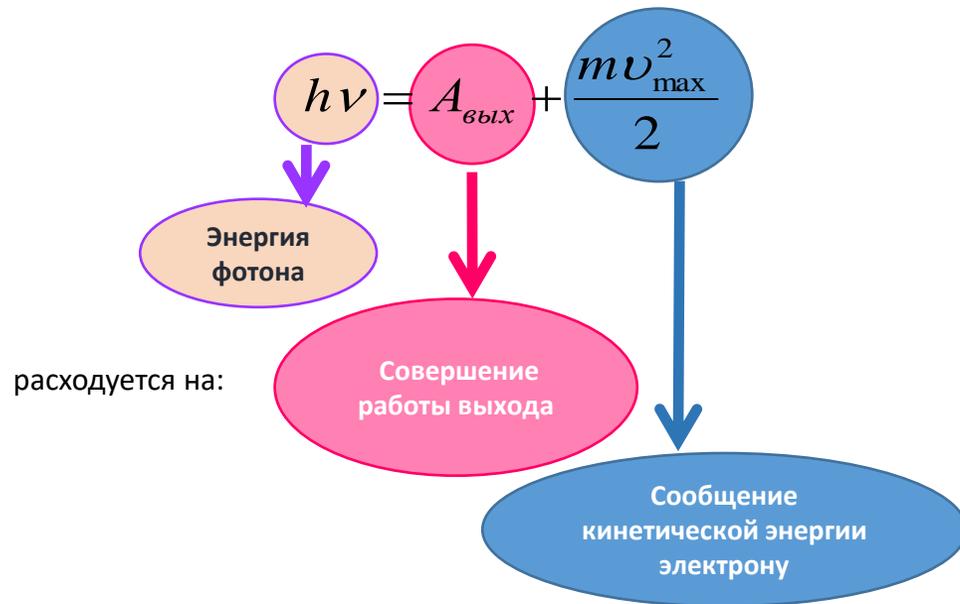
*Дифракцией света* называется явление отклонения света от прямолинейного направления распространения при прохождении вблизи препятствий.



## Фотоэффект

**Фотоэффект** или **фотоэлектрический эффект** - испускание электронов веществом под действием света или любого другого электромагнитного излучения.

Согласно **уравнению Эйнштейна** для внешнего фотоэффекта,

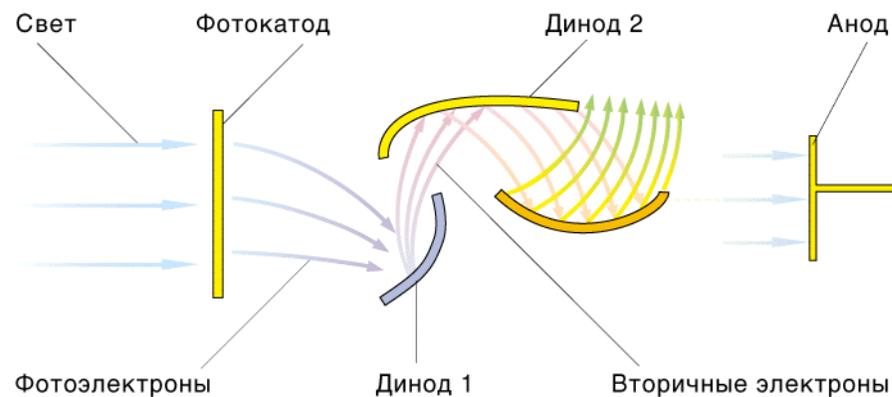


В результате фотоэффекта энергия электромагнитной волны преобразуется в электрический ток.

## Фотоумножитель

**Фотоумножитель** - это прибор, в котором падающее на него электромагнитное излучение (оптического диапазона) преобразуется в многократно усиленные импульсы тока.

Свет попадает на фотокатод ФЭУ, находящейся в стеклянной вакуумной камере. Электроны, выбиваемые с катода, ускоряются электрическим полем, двигаясь от одного динода к другому и выбивая из них новые электроны. В итоге один фотон, отдавший энергию одному выбитому электрону, рождает целый каскад электронов на выходе, воспринимаемый как очень короткий электрический импульс.



Действие фотоумножителя основано на явлении *фотоэффекта*

## Преломление и отражение света на границе раздела двух фаз

**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 равен углу падения.

**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 к синусу угла преломления есть величина, постоянная для двух данных сред:

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

постоянную величину  $n$  называют **относительным показателем преломления** второй среды относительно первой.



## Дисперсия света

*Дисперсия света* - это совокупность явлений, обусловленных зависимостью абсолютного показателя преломления вещества  $n$  от частоты  $\nu$  или длины волны  $\lambda$  света (частотная дисперсия), или, то же самое, зависимостью фазовой скорости света  $v$  в веществе от частоты (или длины волны).

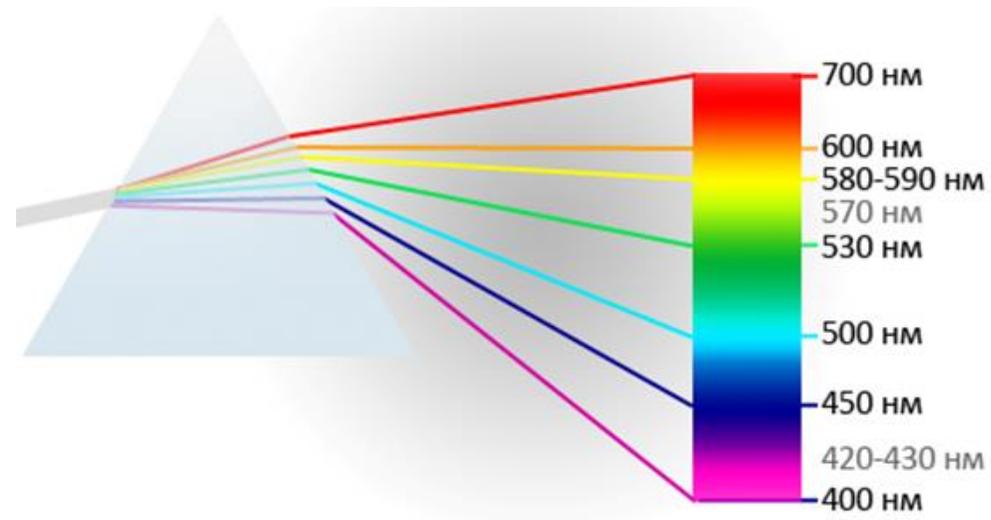


Схема разложения белого света с помощью призмы

## Поглощение электромагнитного излучения веществом

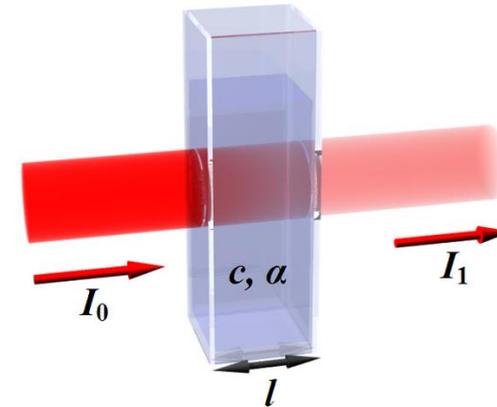
**Закон Бугера-Ламберта-Бера:** оптическая плотность раствора  $A$  прямопропорциональна концентрации растворенного вещества  $c$  и толщине оптического слоя  $l$

$$A = \alpha l c$$

$\alpha$  – молярный коэффициент светопоглощения  
 $\alpha$  зависит от:

- длины волны монохроматического излучения  $\lambda$
- температуры
- природы вещества

Интенсивность монохроматического пучка света при прохождении через вещество ослабевает

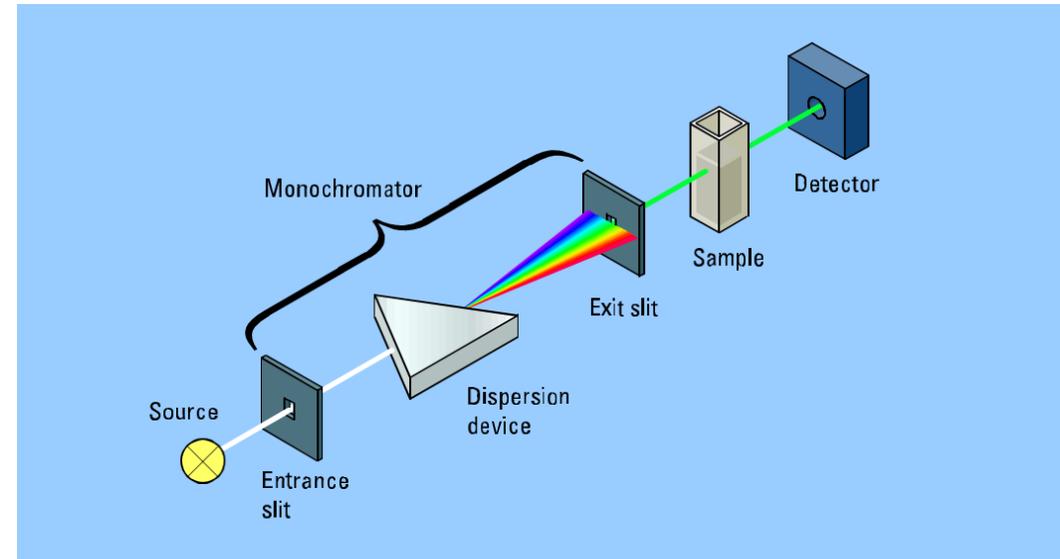


Мерой этого ослабления является величина оптической плотности

$$A = \lg \frac{I_0}{I_1}$$

## Призмный монохроматор

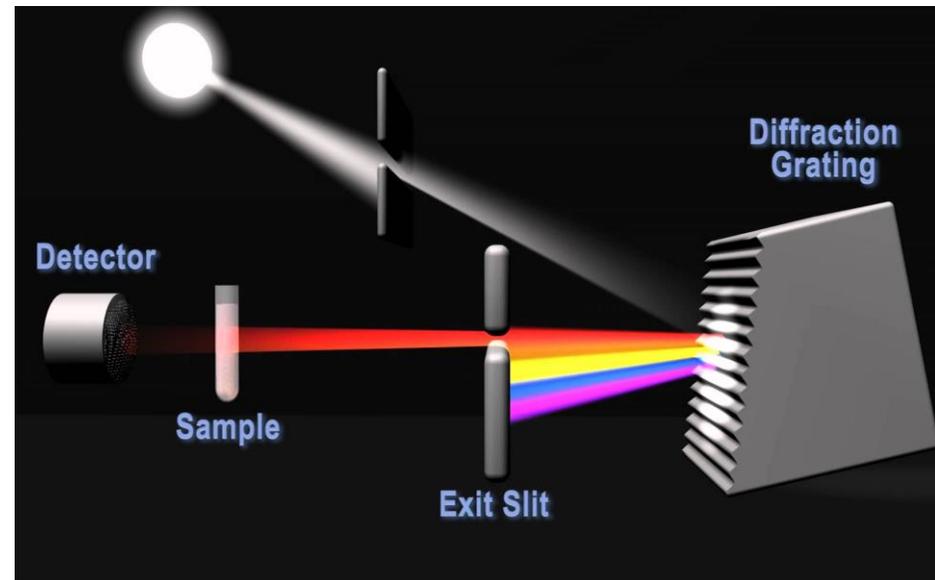
Представляет собой спектральный прибор на основе призмы, предназначенный для разложения в спектр сплошного излучения источника света с последующим выделением узкого пучка монохроматического излучения. На различной преломляемости лучей с разной длиной волны, то есть на явлении дисперсии, основано спектральное разложение сложного немонохроматического излучения, например, белого света в спектр.



## Дифракционный монохроматор

В качестве диспергирующего элемента в дифракционном монохроматоре используется дифракционная решетка.

Монохроматор - важнейший оптический элемент источников монохроматического освещения, прежде всего в спектрометрах, с помощью которых исследуют спектры поглощения или излучения веществ.

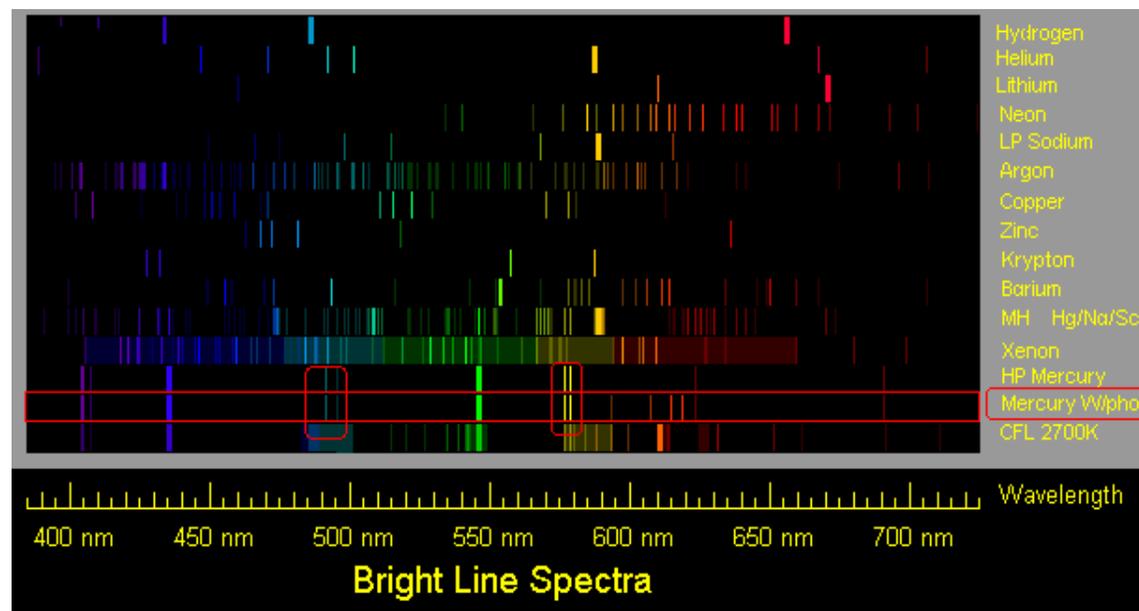


## *5. Методы установления элементного состава объектов судебно-экспертных исследований*

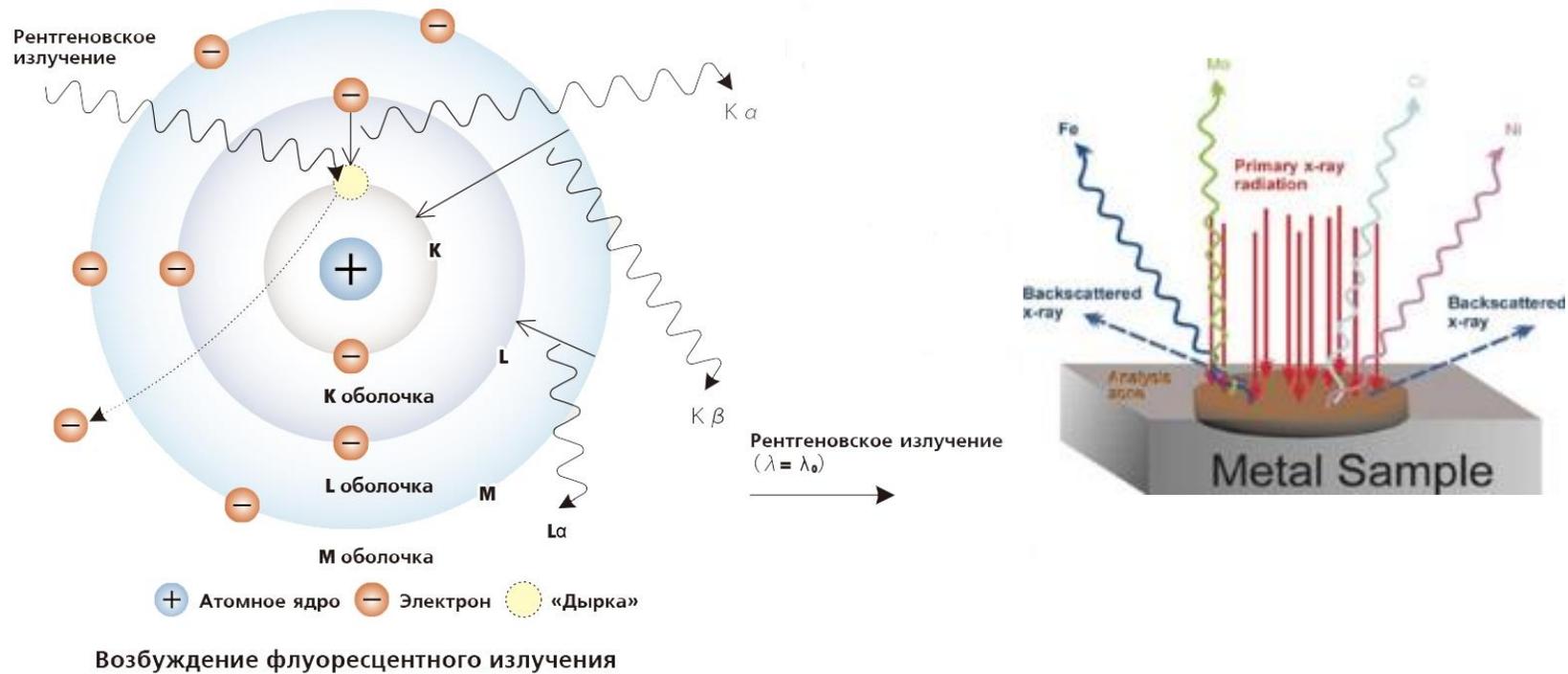
Установление элементного состава объектов по спектрам эмиссии.....	51
Происхождение характеристического рентгенофлуоресцентного излучения.....	52
Схема рентгенофлуоресцентного энергодисперсионного спектрометра.....	53
Применение РФА для криминалистического исследования металлов, сплавов и изделий из них.....	54
Применение РФА для товароведческой экспертизы ювелирных изделий.....	55

## Установление элементного состава объектов по спектрам эмиссии

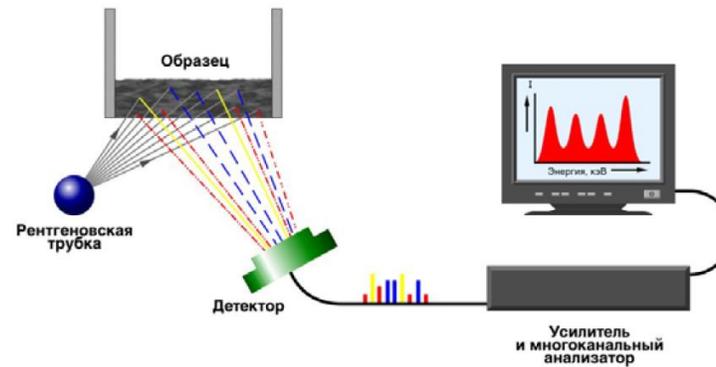
Линейчатый спектр каждого элемента содержит ряд спектральных линий, характеризующихся определенной длиной волны ( $\lambda$ , нм). Наличие в спектре излучения этих линий, отвечающих определенным длинам волн, характерных для обнаруживаемых элементов, дает возможность судить о наличии искомым элементов в исследуемом веществе, а по интенсивности линий – об их количественном содержании.



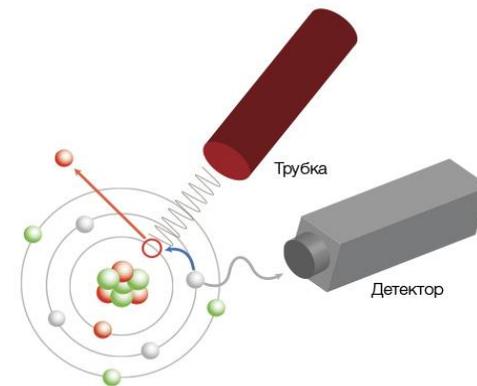
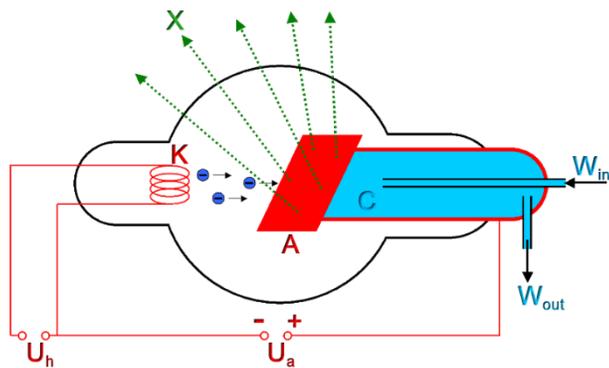
## Происхождение характеристического рентгенофлуоресцентного излучения



## Схема рентгенофлуоресцентного энергодисперсионного спектрометра

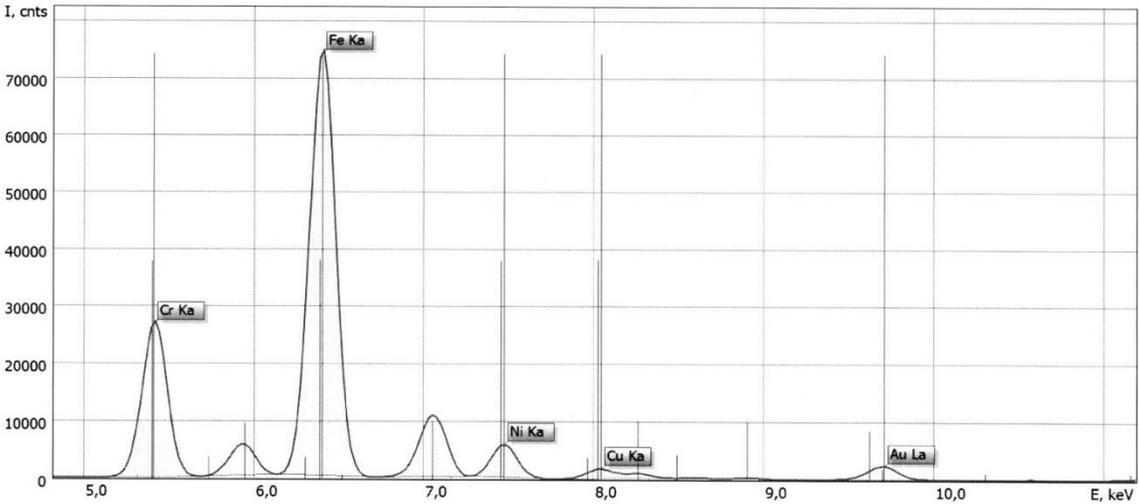


Внешний вид и принципиальная схема спектрометра



Принцип генерации рентгеновского излучения

**Применение РФА для криминалистического исследования металлов, сплавов и изделий из них**



РФА-спектр образца золотосодержащего сплава

## Применение РФА для товароведческой экспертизы ювелирных изделий [5]

Цель: определение стоимости ювелирного изделия при производстве товароведческих экспертиз.

Задача: Для определения стоимости кольца, изготовленного из драгоценных металлов, эксперту необходимо знать процентное содержание драгоценных металлов в сплаве.

Объект: кольцо из металла белого цвета:



Элементный состав сплава, из которого изготовлен представленный объект, масс. %:

Au	Cu	Ni	Zn	Ag	Покрытие
75	12	4	4	5	Rh

Исследование проведено с использованием *рентгенофлуоресцентного анализатора «Orbis PC»*

## *6. Методы установления молекулярного состава объектов судебно-экспертных исследований*

Установление молекулярного состава объектов по ИК-спектрам.....	57
Устройство ИК-спектрометра.....	59
Устройство спектрофотометра.....	60
Сущность хроматографического анализа объектов.....	61
Хроматограмма и хроматографические параметры.....	62
Схема газового хроматографа.....	63
Схема установления вещественного состава объектов методом хромато-масс-спектрометрии.....	64

## Установление молекулярного состава объектов по ИК-спектрам

### Метод характеристических частот

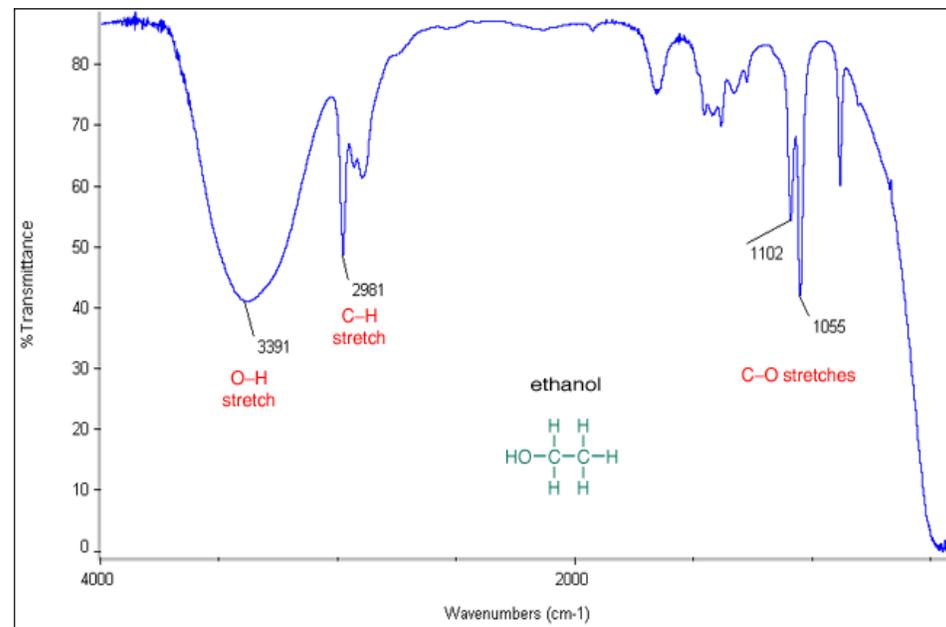
Молекулы, имеющие одни и те же химические группы, часто имеют одинаковые частоты в спектре. Эти частоты называют характеристическими.

Расшифровка инфракрасного спектра производится следующим образом:

идентификацию полос поглощения начинают с наиболее сильных и высокочастотных полос в области валентных колебаний ОН-связи.

по таблицам характеристических частот полосу поглощения относят к колебанию конкретной связи.

наличие той или иной связи подтверждают деформационной полосой поглощения, относящейся к данной связи.



метод характеристических частот



## Устройство ИК-спектрометра



Внешний вид ИК-спектрометра

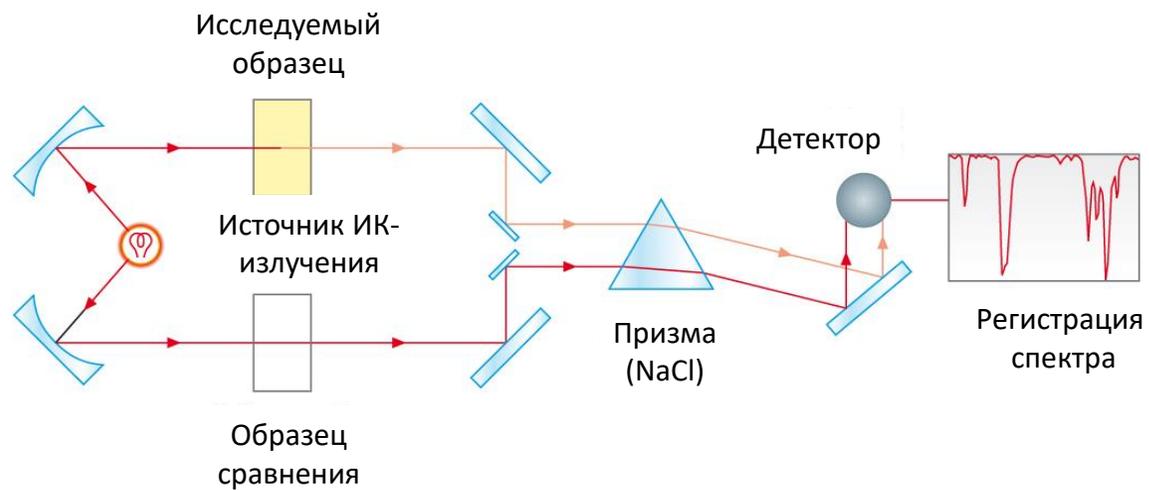
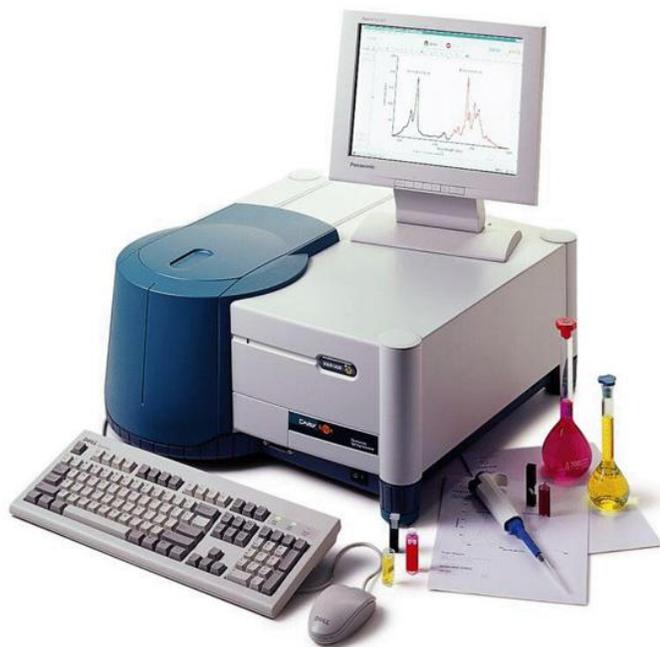


Схема устройства ИК-спектрометра

## Устройство спектрофотометра



Внешний вид спектрофотометра

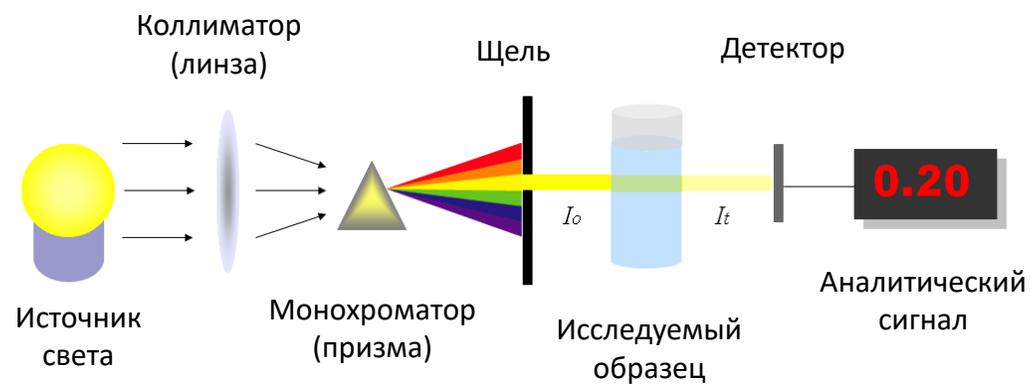


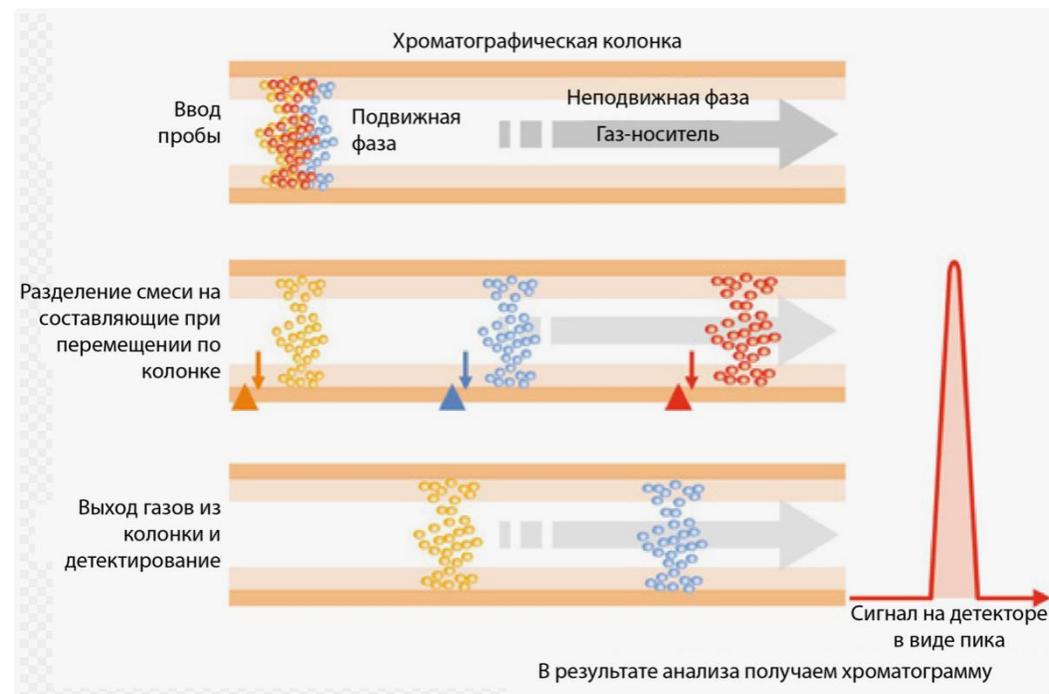
Схема устройства спектрофотометра

## Сущность хроматографического анализа объектов

Сущность хроматографического метода анализа заключается в разделении компонентов смеси, состоящей из нескольких веществ, с их последующей идентификацией по *определенным параметрам*, зависящим от их природы и строения.

Разделение компонентов смеси происходит в результате различной скорости передвижения составляющих компонентов в процессе прохождения образца через слой сорбента.

Индивидуальные вещества фиксируются детектором и графически визуализируются в виде хроматографических пиков.



## Хроматограмма и хроматографические параметры

**Хроматограмма** – зависимость сигнала детектора хроматографа от времени.

### Хроматографические параметры:

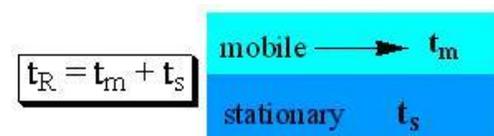
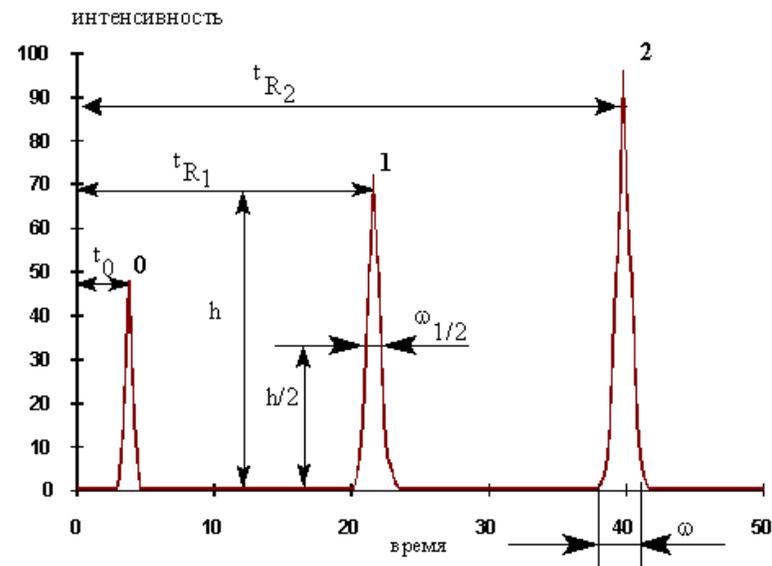
- время удерживания ( $t_R$ ) – время от начала анализа до выхода компонента
- мертвое время ( $t_m$  или  $t_0$ ) – время выхода несорбируемого компонента
- исправленное время удерживания ( $t_{R'}$ ) – разность между временем удерживания и мертвым временем
- высота пика ( $h$ ) – расстояние от основания пика до его вершины
- Ширина пика ( $\omega$ ) – ширина основания пика
- площадь пика ( $S$ ) – площадь, ограниченная пиком

Качественные:

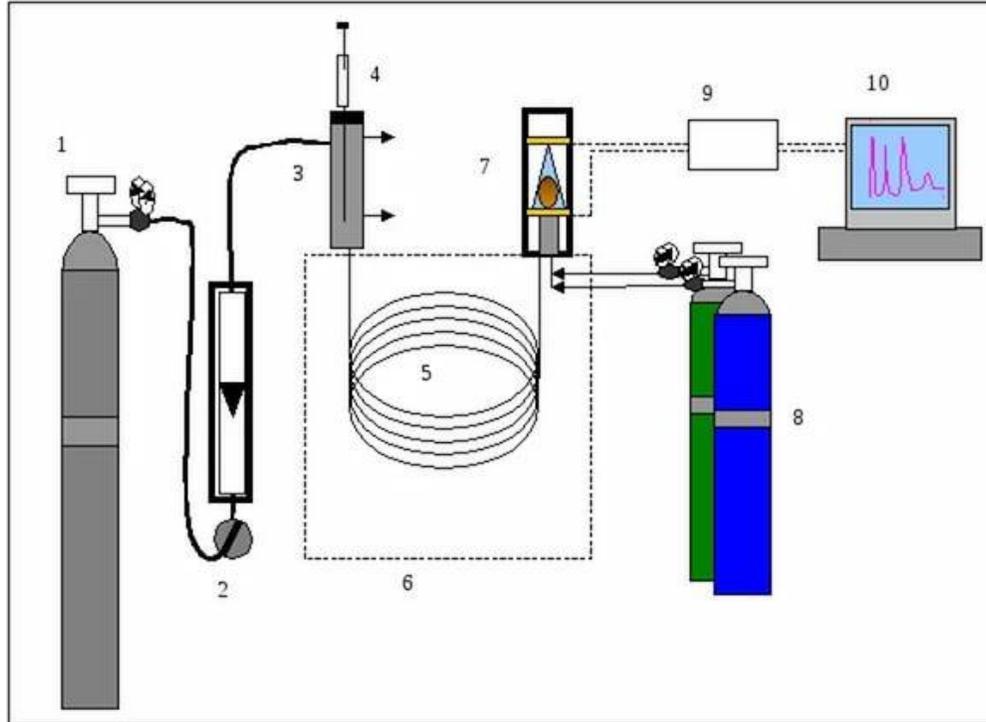
зависят от природы вещества

Количественные:

зависят от концентрации вещества

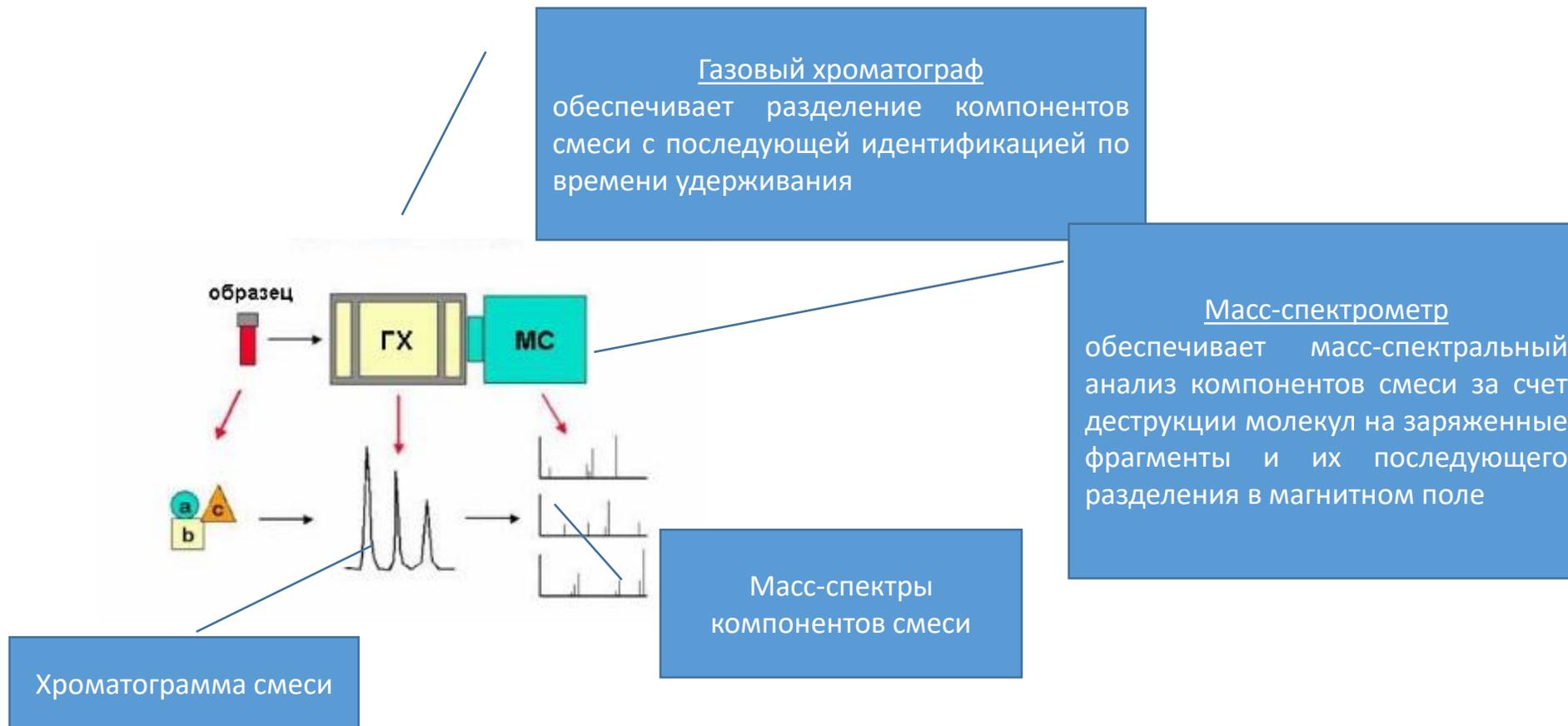


## Схема газового хроматографа



- 1 – баллон с элюентом
- 2 – модуль контроля потока
- 3 – испаритель
- 4 – шприц для ввода пробы
- 5 – хроматографическая колонка
- 6 – терморстат
- 7 – детектор
- 8 – газовые баллоны
- 9 – преобразователь сигнала
- 10 – система сбора данных

## Схема установления вещественного состава объектов методом хромато-масс-спектрометрии



### *Использованные источники*

1. Судебная экспертиза № 2, 2015, С. 47-54.
2. <http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=621&lv1=03.05.03>.
3. <http://kriminalisty.ru/stati/technics/chemodan-kriminalista/viraz.html>.
4. <http://aimtech.ru>.
5. Теория и практика судебной экспертизы №2 (38) 2015, С. 135-144.
6. [https://crimlib.info/Криминалистическое\\_исследование\\_следов\\_биологического\\_происхождения](https://crimlib.info/Криминалистическое_исследование_следов_биологического_происхождения).

*Учебное издание*

**Логачева** Екатерина Юрьевна

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Учебно-наглядное пособие

*В авторской редакции*

Компьютерная верстка *С. В. Коноваловой*

ISBN 978-5-9266-2073-0



9 785926 620730

Подписано в печать 28.06.2024. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 3,7. Тираж 70 экз. Заказ 257.

Краснодарский университет МВД России.

350005, г. Краснодар, ул. Ярославская, 128.