

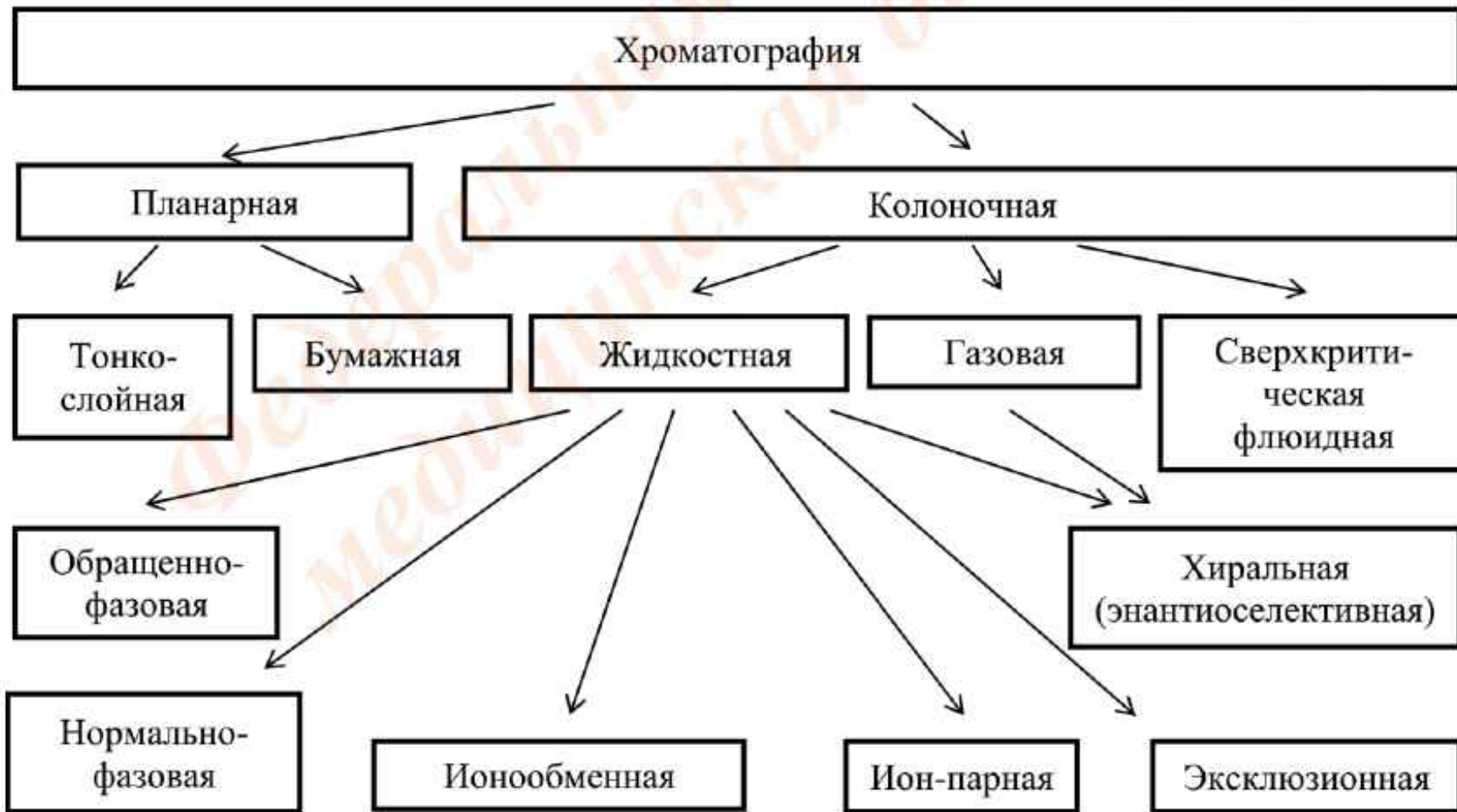
Современные методы фармацевтического анализа

Хроматография

ОФС. 1.2.1.2.0001

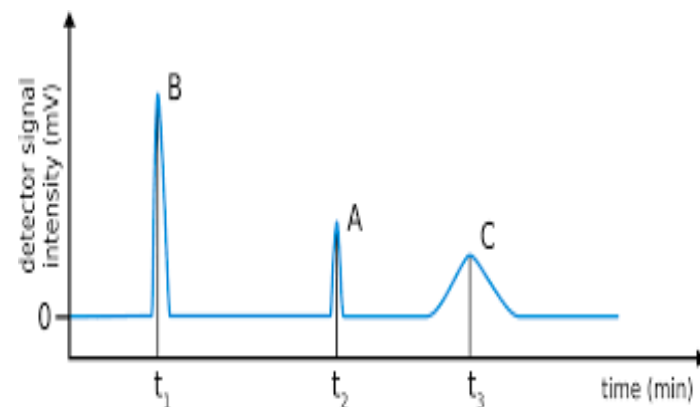
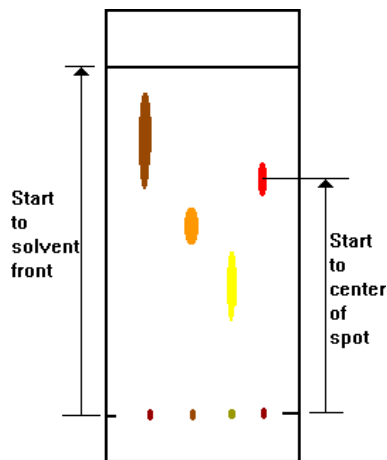
Хроматография

Хроматография – метод разделения смесей веществ, основанный на их многократном перераспределении между двумя контактирующими фазами, одна из которых неподвижна, а другая имеет постоянное направление движения.



Хроматограмма

Графическое представление сигнала детектора от времени или объема подвижной фазы



Зафиксированная на бумаге или ТСХ-пластинке последовательность зон адсорбции веществ анализируемой смеси

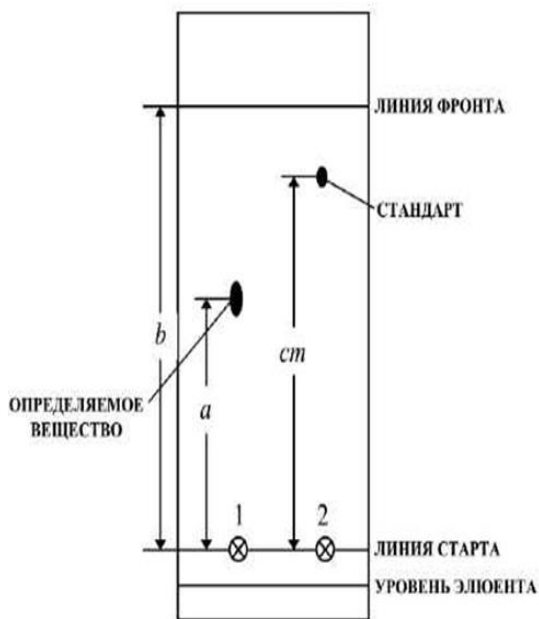
R_f и R_{st} используют для идентификации веществ

$$R_f = \frac{a}{b}$$

R_f - фактор удерживания

a – расстояние от точки нанесения пробы до центра пятна зоны адсорбции

b – расстояние от линии старта до линии фронта элюента



$$R_{st} = \frac{R_f(a)}{R_f(b)}$$

$R_f(a)$ – значение

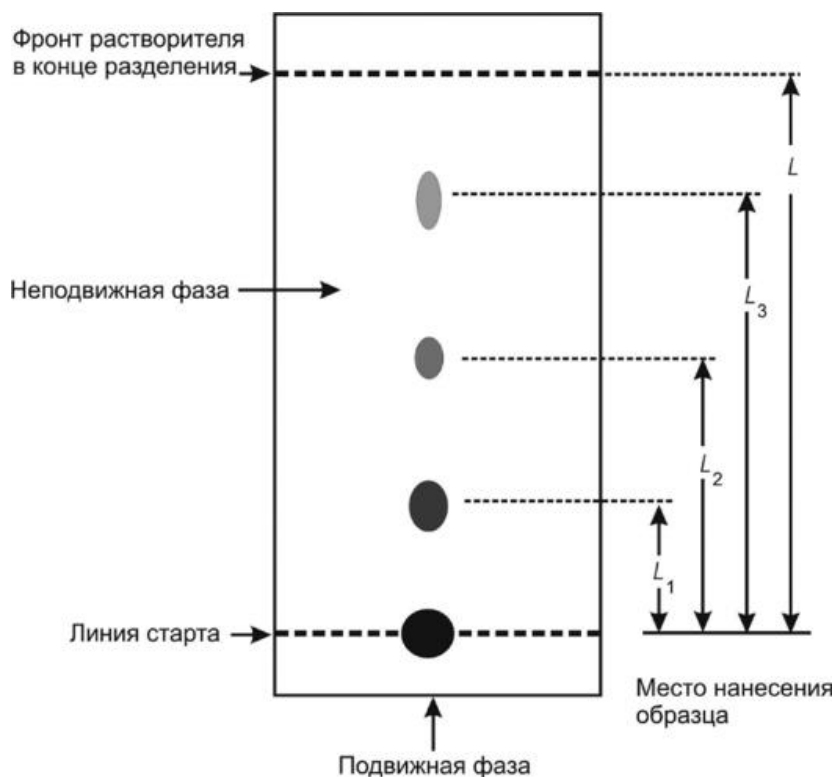
R_f для анализируемого вещества

$R_f(b)$ – значение

R_f для вещества, принятого за стандарт

$R_{st} : 0,5 - 2,0$

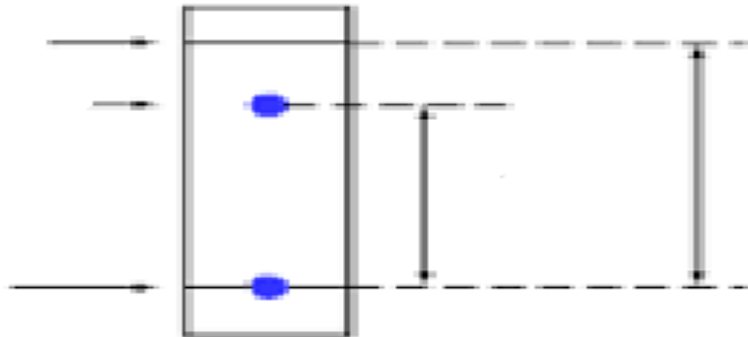
Подтверждение разделительной способности



Проводят хроматографирование стандартного раствора, содержащего два или более веществ с известным значением R_f . После хроматографирования эти вещества должны разделиться, образуя зоны адсорбции, значения R_f которых соответствуют заданным.

Подтверждение чувствительности

Определенное количество стандартного вещества наносят на хроматографическую пластинку, хроматографируют. Зона стандартного вещества должна четко обнаруживаться



Хроматография на бумаге

ОФС. 1.2.1.2.0002

Хроматография на бумаге



Хроматографический процесс, протекающий на листе фильтровальной бумаги при перемещении по ее капиллярам и поверхности подвижной фазы.

Неподвижная фаза – бумага или вещества, нанесенные на ее волокна.

Механизм – распределительный или адсорбционный

Применение в фармакопейном анализе

■ 1. Определение подлинности

- Одновременно хроматографируют растворы анализируемого и стандартного веществ.
- Если вещества идентичны, то зоны адсорбции имеют одинаковый вид и равные R_f
- Можно хроматографировать смесь равных количеств анализируемого и стандартного веществ – одно пятно зоны адсорбции
- R_f должно быть 0 - 1

Применение в фармакопейном анализе

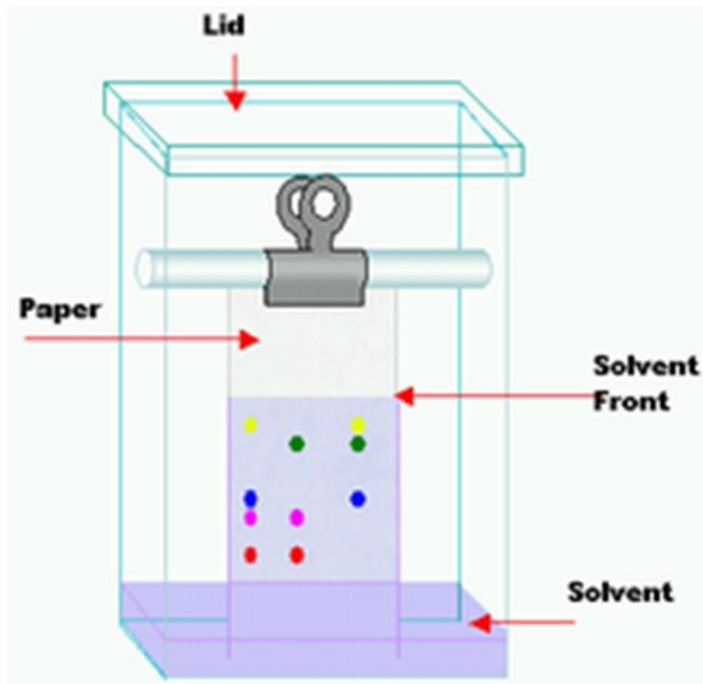
■ 2. Испытание на чистоту

- Примеси и основное вещество должны иметь разные R_f
- О чистоте анализируемого вещества судят по величине и интенсивности окраски зон адсорбции примесей

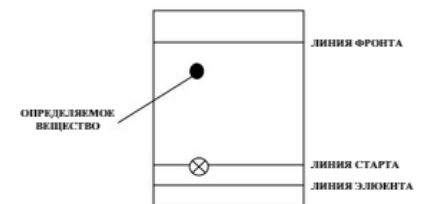
■ 3. Количественное определение:

- Проводят после экстракции хроматограммы. Зоны адсорбции вырезают и экстрагируют подходящим растворителем.
- Определяют содержание вещества любым аналитическим методом

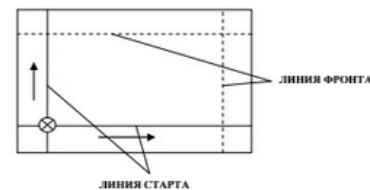
Оборудование



- Герметизированная камера
- Растворитель – подвижная фаза
- Хроматографическая бумага



Одномерная хроматография



Двумерная хроматография

Тонкослойная хроматография

ОФС. 1.2.1.2.0003

Тонкослойная хроматография

- Хроматографический процесс, протекающий при движении подвижной фазы в тонком слое сорбента, нанесенном на инертную твердую подложку из соответствующего материала (стекла, металла или полимера).
- **Основные материалы:**
 - Пластика с закрепленным слоем сорбента
 - Хроматографическая камера
 - Капилляры или микрошприцы
 - Устройства для нанесения обнаруживающих реагентов
 - Стандартные образцы
 - УФ-лампы

Оборудование

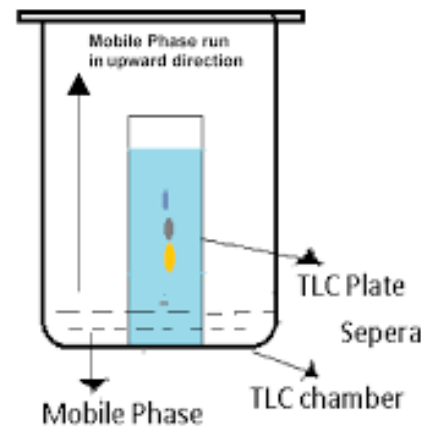
- Полуавтоматическое или автоматическое устройство для точного нанесения необходимого количества анализируемого вещества
- Фотометр, способный перемещать пластинку, с источником монохроматического излучения для измерения отражения или пропускания.



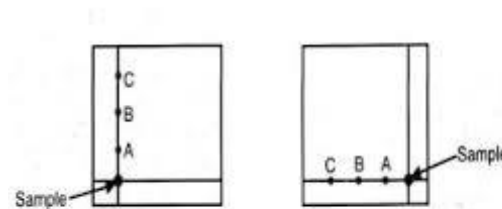
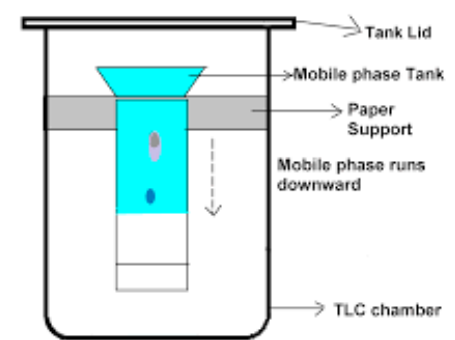
Классификация (по способу подачи подвижной фазы)

- восходящая
- нисходящая
- двумерная
- круговая

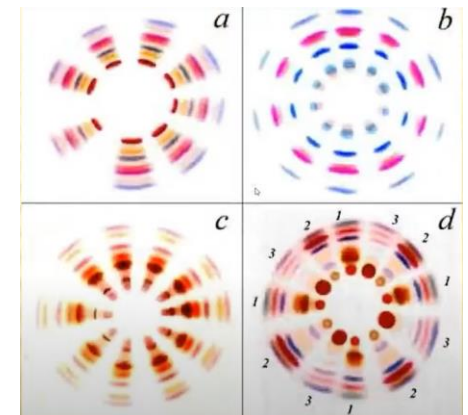
Ascending Chromatography



Descending Chromatography



Two dimensional development.



Применение в фармакопейном анализе

- Идентификация
- Определение примесей
- Количественное определение

Количественное определение

- Если вещества реагируют на излучение УФ и видимой области спектра, можно определить непосредственно на пластинке при помощи специального оборудования.
- Измеряют интенсивность отраженного света, передвигая пластинку или регистрирующее устройство вдоль оси хроматограммы.

Высокоэффективная тонкослойная хроматография (ВЭТСХ)

По сравнению с ТСХ он имеет ряд преимуществ:

- более высокая эффективность (одновременно можно разделить до 40 веществ),
- высокая чувствительность и быстрое действие.

Высокая эффективность этого метода достигается за счет использования высокодисперсного сорбента, а более высокая чувствительность и быстрое действие - более тонкого слоя сорбента (10-15 нм).

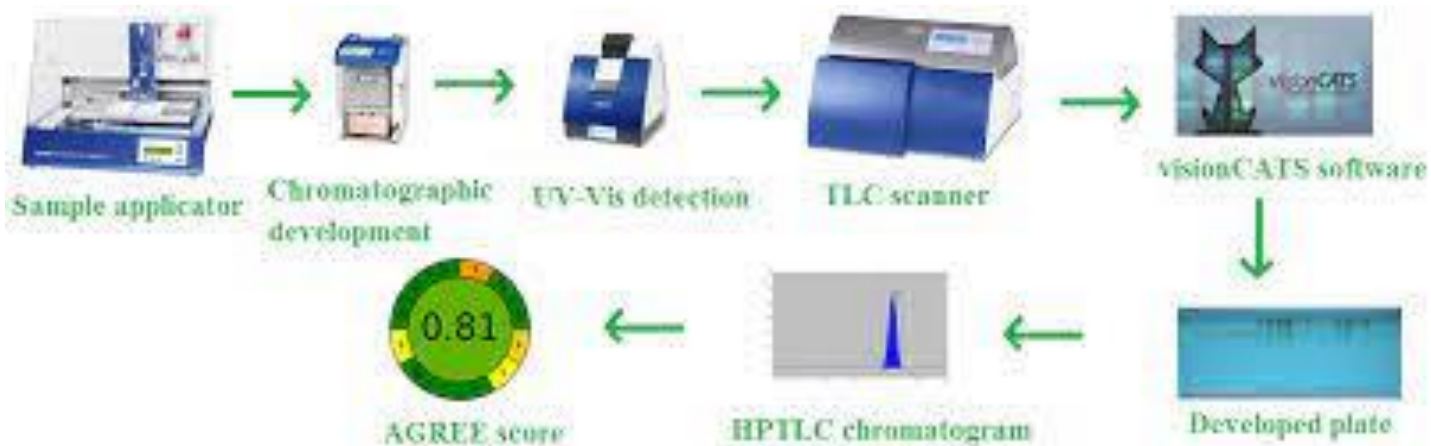


Некоторые характеристики ТСХ и ВЭТСХ пластин

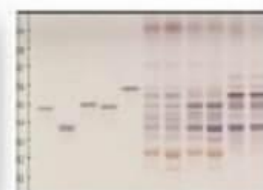
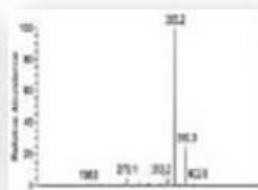
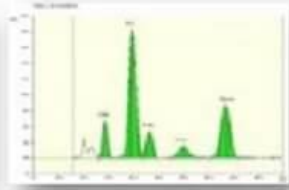
Characteristic	TLC	HPTLC
average particle size, μm	11-20	5-7
layer thickness, μm	250	100
solvent front path length, cm	10-15	3-5
amount of solvent, ml	50	5-10
detection limit, μg	1	0.1
spot diameter, mm	2-4	1

Количественный анализ

Количественное определение веществ на хроматограмме проводят методом **сканирующей денситометрии**, дающей точные результаты и не требующей элюирования вещества с пластинки.



ВЭТСХ оборудование



Applicator



Developer



Visualizer



Scanner



MS Interface

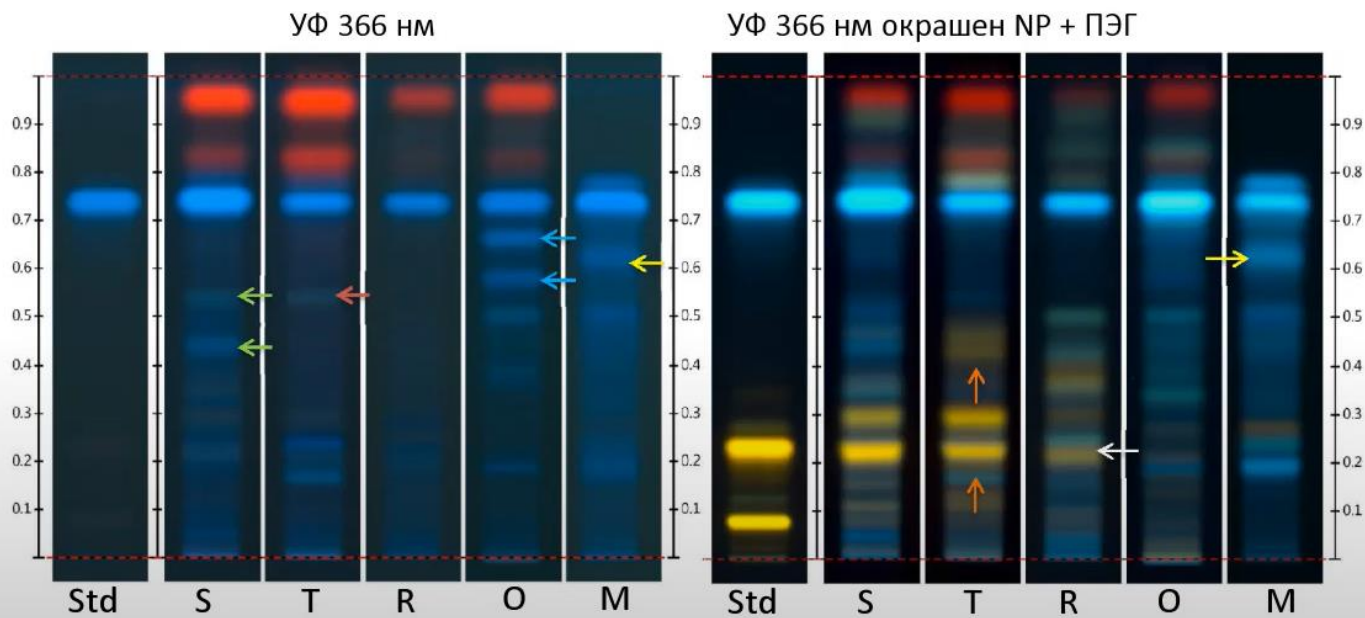


Derivatizer



visionCATS Software

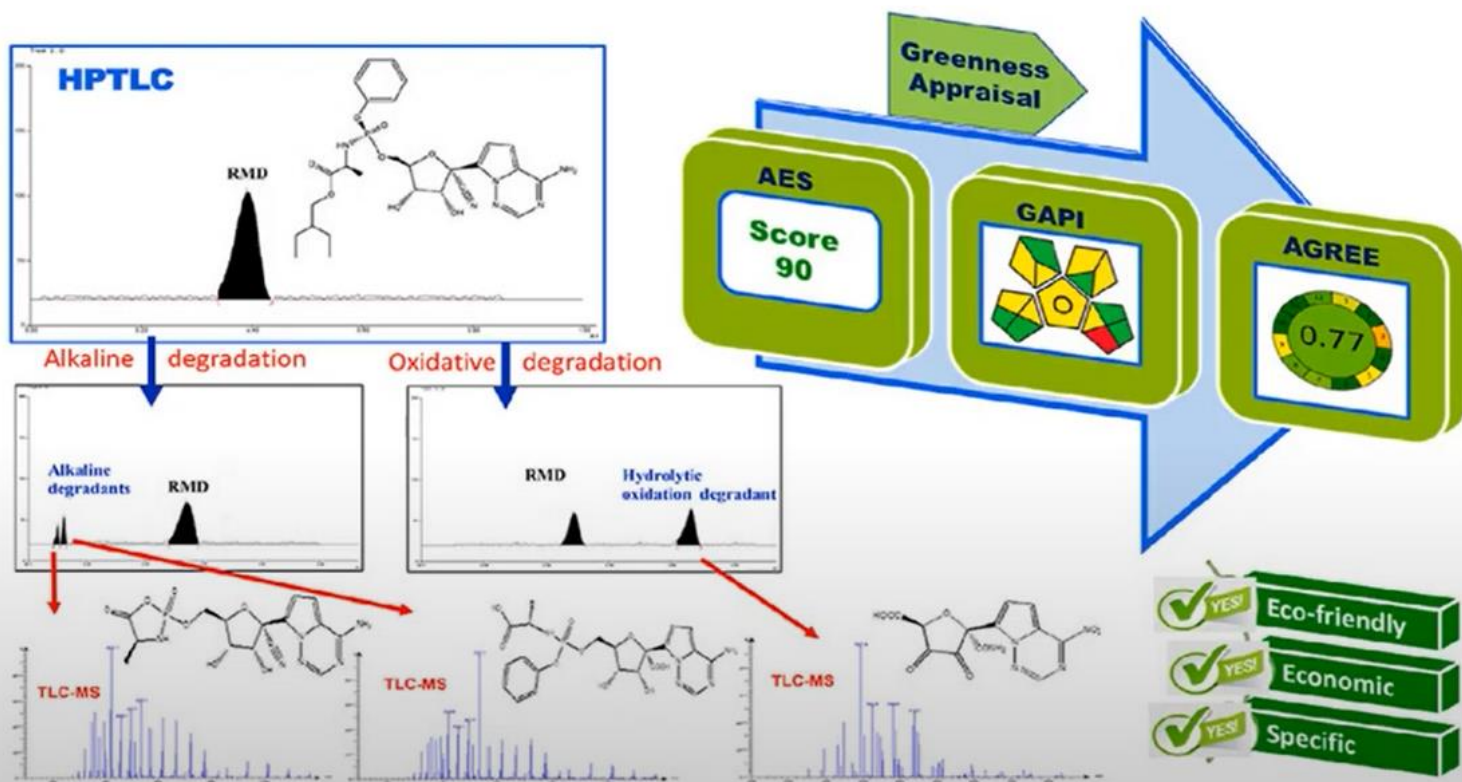
Идентификация травы ТИМЬЯНА



Один и тот же метод может помочь отличить 5 разных видов

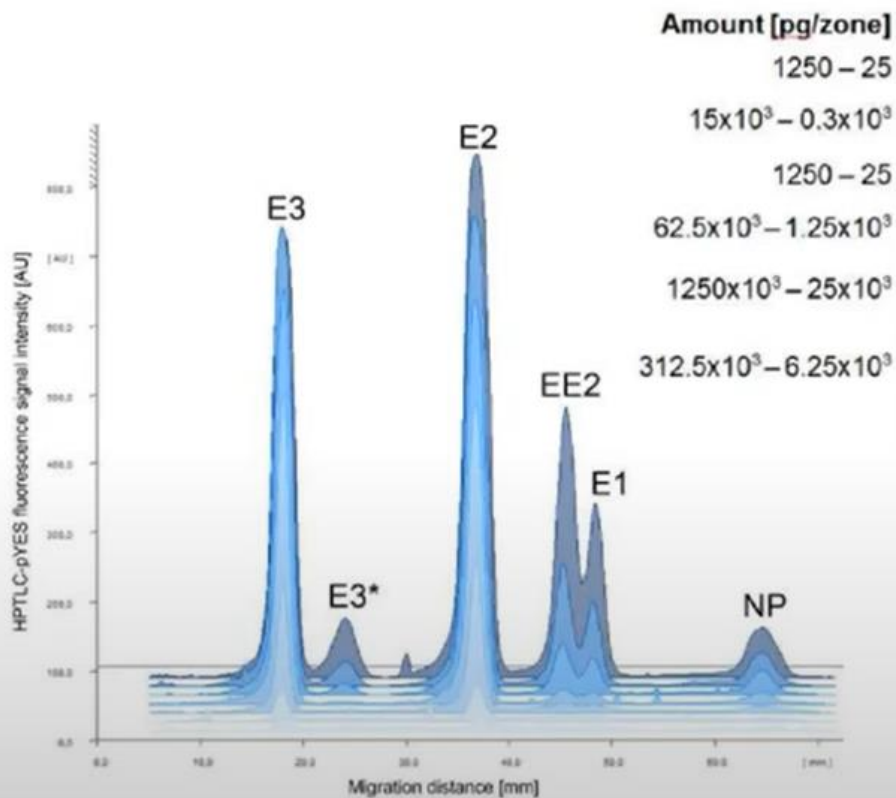
Salvia, Thyme, Rosemary, Oregano, Melissa, Standards: рутин, гиперозид, розмариновая к-та

Исследования стабильности ремдесивира в различных условиях



Eco-friendly stability-indicating HPTLC micro-determination of the first FDA approved SARS-CoV-2 antiviral prodrug Remdesivir: Study of degradation kinetics and structural elucidation of the degradants using HPTLC-MS, Amira H. Abo-Gharam, Dina S. El-Kafrawy Sustainable Chemistry and Pharmacy 29 (2022) 100744

Тест на наличие эстрогена



Klingelhöfer & Morlock, J. Chromatogr. A (2014)

Газовая хроматография

ОФС. 1.2.1.2.0004

Газовая хроматография

Это физический способ разделения летучих соединений, основанный на распределении веществ между двумя фазами, одна из которых является неподвижной (жидкая или твердая), а вторая – подвижна (газ-носитель). Анализируемую пробу вводят в подвижную фазу и она перемещается вдоль неподвижной

Газовая хроматография

Газоадсорбционная хроматография

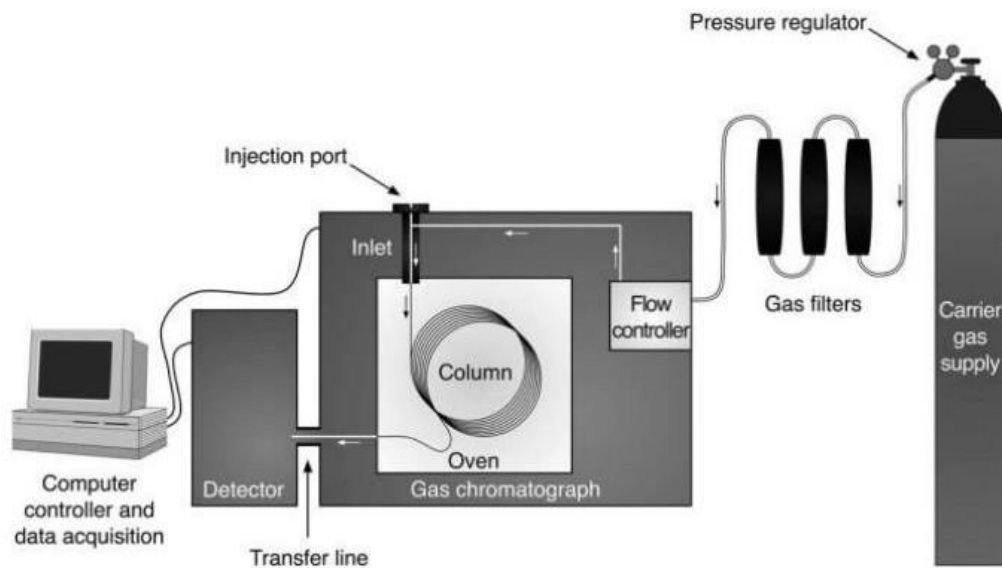
Неподвижная фаза – сорбент (силикагель, графитированная термическая сажа, алюмосиликаты натрия и кальция, полимерные пористые сорбенты)

Газожидкостная хроматография

Неподвижная фаза – слой жидкости, нанесенный на поверхность твердого носителя

Подвижная фаза – газ (азот, гелий, аргон или водород)

Схема газового хроматографа



- Газ-носитель (азот, гелий) из баллона поступает в блок подготовки газов (измеряются давление и скорость потока газа-носителя), проходит через испаритель, хр. колонку, детектор (находятся в термостате) и регистратор

- В испаритель с температурой, достаточной для испарения смеси, с помощью микрошприца вводится проба анализируемого вещества, которая испаряется и потоком газа уносится в хроматографическую колонку. После разделения в колонке компонентов на зоны, они проходят детектор, в котором генерируется электрический сигнал и регистрируется в виде хроматограммы

Устройство ввода пробы



Жидкая проба – с помощью шприца в колонку или испарительную камеру

Газовая фаза – с помощью оборудования для статического или динамического парофазного анализа

Статический парофазный анализ – в термостатируемую камеру помещают герметично закрытый сосуд, содержащий образец, нагревают до достижения равновесия между двумя фазами, отбирается объем газовой фазы и вводится в испаритель хроматографа.

Динамический парофазный анализ – через образец пропускают инертный газ, летучие компоненты концентрируются на сорбенте в ловушке, ловушка нагревается, летучие компоненты переносятся с потоком инертного газа в хроматографическую колонку

Колонки

	Насадочные колонки	Микронасадочные колонки	Капиллярные колонки	Поликапиллярные колонки
Материал	Металл, стекло, фторопласт (спиральная форма)	Металл, стекло, фторопласт (спиральная форма)	Плавленый кварц или металл	Пакеты параллельно работающих капилляров
Внутренний диаметр	2-4 мм	0,5-1 мм	0,1-0,53 мм	40 мкм
Длина	0,5-5 м	0,5-2 м	5-200 м	До 1 м
Скорость потока газа-носителя	10-60 мл/мин	10-60 мл/мин	1-5 мл/мин	1-5 мл/мин

Детекторы

Выбор детектора определяется основными характеристиками (чувствительность, предел детектирования, линейность, быстродействие и селективность), которые соответствуют цели анализа и условиям его проведения.

Типы детекторов:

1. Пламенно-ионизационный детектор
2. Детектор по теплопроводности
3. Термоионный детектор
4. Электронно-захватный детектор
5. Масс-спектрометрический детектор

Нормы при работе на газовом хроматографе

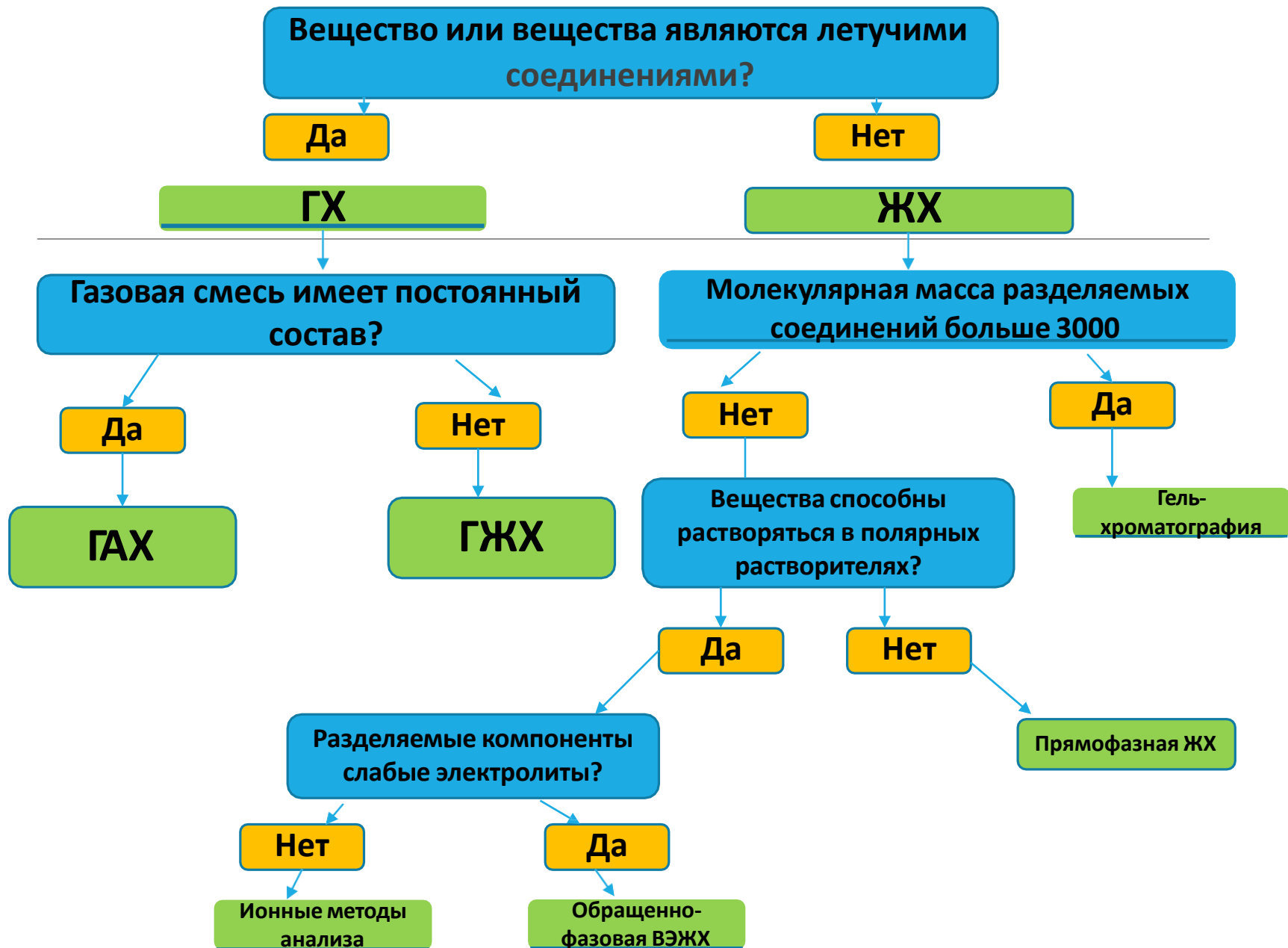


- эксплуатация хроматографа осуществляется в закрытых лабораторных помещениях, в которых горючие газы и легковоспламеняющиеся жидкости могут быть в количествах, недостаточных для создания взрывопожароопасной смеси
- помещения должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, средствами пожаротушения, индивидуальными средствами защиты
- для размещения одного комплекса глубина рабочего стола должна быть не менее 80 см, ширина не менее 180 см
- компрессор, во избежание влияния его вибраций на работу хроматографа, рекомендуется размещать вне рабочего стола



Применение в фармакопейном анализе

- определение остаточных органических растворителей
- количественное определение
- посторонние примеси
- однородность дозирования
- растворение



Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ)

ОФС. 1.2.1.2.0005

ВЭЖХ

Метод колоночной хроматографии, в котором подвижной фазой служит жидкость, движущаяся через хроматографическую колонку, заполненную неподвижной фазой.

Способ разделения, препаративного выделения и проведения качественного и количественного анализа нелетучих термолабильных соединений как с малой, так и с большой молекулярной массой.

ВЭЖХ

В зависимости от механизма разделения

Адсорбционная

Разделение происходит за счет различной способности веществ адсорбироваться и десорбироваться с поверхности сорбента

Распределительная

Разделение происходит за счет различия коэффициентов распределения между неподвижной и подвижной фазами

Ионообменная

Разделение происходит за счет различной силы взаимодействия определяемых ионов с ионными группами сорбента

Эксклюзионная

Разделение происходит за счет различной способности молекул веществ проникать в поры неподвижной фазы (разделение по размеру)

Хиральная

Разделение оптически активных соединений на отдельные энантиомеры

ВЭЖХ

В зависимости от типа подвижной и неподвижной фазы

Нормально-фазовая

Неподвижная фаза – полярная (силикагель или силикагель с привитыми NH_2 - и CN - группами), подвижная фаза – неполярная (гексан, гексан+хлороформ, гексан+спирты и др.)

Удерживание веществ растет с увеличением их полярности.

Элюирующая способность подвижной фазы увеличивается с увеличением полярности.

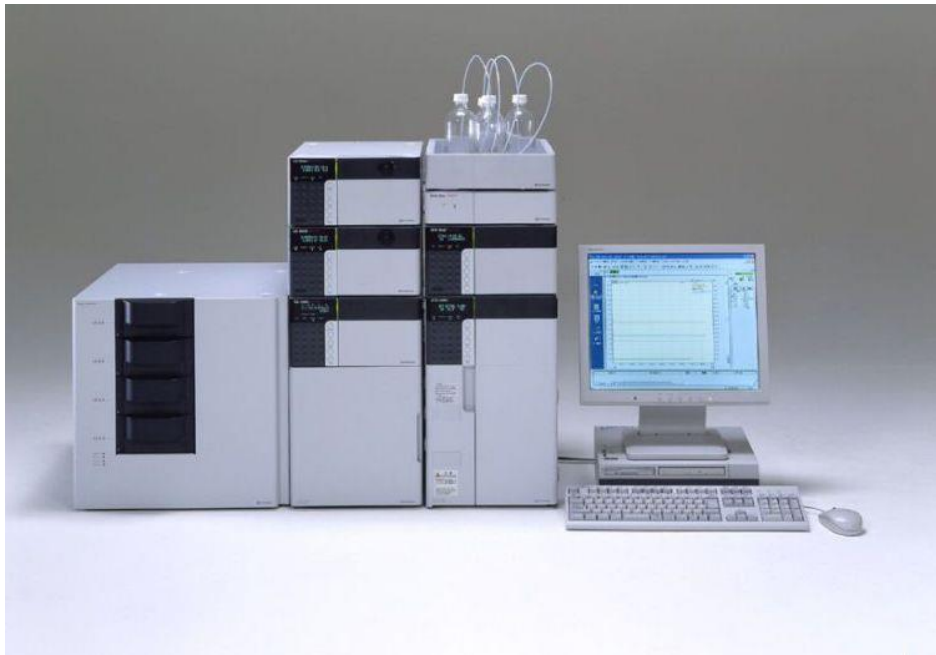
Обращенно-фазовая

Неподвижная фаза – неполярная (гидрофобные силикагели с привитыми группами C_4 , C_8 , C_{18} и др.), подвижная фаза – полярная (вода+полярные растворители: ацетонитрил, метанол, тетрагидрофуран и др.).

Удерживание веществ растет с увеличением их гидрофобности (неполярности).

Элюирующая способность подвижной фазы увеличивается с увеличением содержания органического растворителя.

Оборудование



- Узел подготовки подвижной фазы (емкости с подвижной фазой и система дегазации);
- Насосная система;
- Смеситель подвижной фазы;
- Система ввода пробы (инжектор);
- Хроматографическая колонка;
- Термостат;
- Детектор;
- Система управления хроматографом, сбора и обработки данных

Режимы хроматографирования

- ❑ Изократический режим – на протяжении всего хроматографического процесса состав подвижной фазы и параметры хроматографирования остаются постоянными
- ❑ Градиентный режим – состав подвижной фазы и параметры хроматографирования меняются в ходе анализа

Хроматографическая колонка



Трубка из нержавеющей стали, стекла или пластика, заполненная сорбентом и закрытая с обеих сторон фильтрами.

Длина – 5-60 см

Внутренний диаметр – 2-10 мм



Неподвижная фаза

- силикагель, оксид алюминия (нормально-фазовая хроматография, механизм - адсорбция);
- силикагель, смолы, полимеры с привитыми кислотными и основными группами (ионообменная и ионная хроматография);
- силикагель или полимеры с заданным распределением размеров пор (эксклюзионная хроматография);
- химически модифицированные сорбенты (механизм – адсорбция или распределение между подвижной и неподвижной фазами);
- химически модифицированные хиральные сорбенты (хиральная хроматография)

Детекторы

- **Спектрофотометрические** (оптическая плотность элюата измеряется в специальной микрокювете при выбранной длине волны);
- **Флуориметрические** (для определения флуоресцирующих соединений, принцип действия основан на измерении флуоресцентного излучения поглощенного света);
- **Рефрактометрические** (для соединений, слабопоглощающих в УФ и видимой областях спектра, низкая чувствительность, невозможность использовать в градиентном режиме);
- **Испарительные детекторы лазерного светового рассеяния** (принцип работы основан на различии давления паров растворителей, входящих в состав подвижной фазы и анализируемых веществ)

Детекторы

- **Амперометрические** (для определения электроактивных соединений, которые могут быть окислены или восстановлены на поверхности твердого электрода);
- **Кондуктометрические** (для детектирования анионов и катионов в ионной хроматографии, принцип работы основан на измерении электропроводности подвижной фазы в процессе элюирования);
- **Масс-спектрометрические** (высокая чувствительность).

Условия хроматографирования, подлежащие указанию в нормативной документации

- размеры колонки (длина и внутренний диаметр);
- типы сорбента (с указанием размера частиц);
- температура колонки;
- объем вводимой пробы;
- состав подвижной фазы и способ ее приготовления;
- скорость подачи подвижной фазы;
- тип и условия детектирования;
- описание градиентного режима;
- время хроматографирования;
- подробное описание методики;
- формулы расчета;
- описание приготовления стандартных и испытуемых растворов.

Модифицированные виды ВЭЖХ

1. Ион-парная хроматография.

Разновидность обращенно-фазовой хроматографии, позволяет определить ионизированные соединения.

В составе подвижной фазы имеются гидрофобные органические соединения с ионогенными группами (ион парные реагенты)

2. Хроматография гидрофильного взаимодействия.

Используется для разделения полярных соединений, слабо удерживаемых в обращенно-фазовой ВЭЖХ.

Подвижная фаза – водно-ацетонитрильные смеси с добавлением солей, кислот или оснований.

Неподвижная фаза – силикагели, модифицированные полярными группами

Модифицированные виды ВЭЖХ

3. Ионообменная и ионная ВЭЖХ

Разделение основано на обратимом взаимодействии ионов определяемого вещества с ионогенными группами сорбента (катиониты и аниониты).

Подвижная фаза – водные растворы кислот, оснований и солей.

Ионная хроматография – вариант ионообменной хроматографии, в котором используется кондуктометрический детектор.

4. Эксклюзионная ВЭЖХ

Гель-хроматография, разделение молекул по их размерам.

5. Ионо-эксклюзионная хроматография.

Соединения в ионизированной форме не удерживаются на сорбенте-ионообменнике, соединения в молекулярной форме удерживаются внутри пор ионообменного сорбента.

Модифицированные виды ВЭЖХ

6. Хиральная хроматография

Разделение оптических изомеров. Неподвижная фаза – сорбенты с поверхностью, модифицированной веществами, имеющими хиральные центры (хитозаны, циклодекстрины, полисахариды)

7. Ультраэффективная жидкостная хроматография.

Размер частиц сорбента – 1,5 – 2 мкм, размер колонки - 50-150 мм длина, 1-4 мм внутренний диаметр

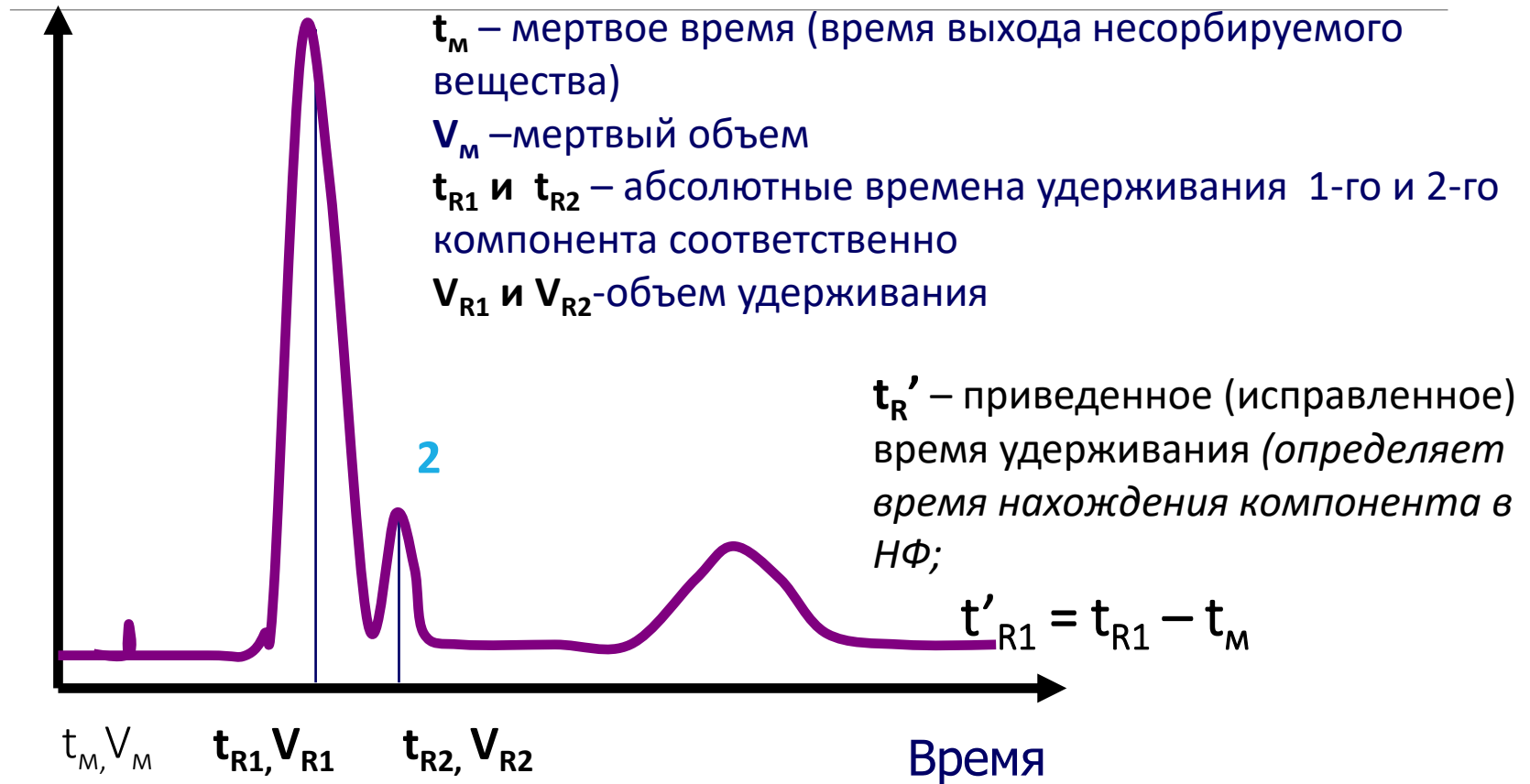
Применение ВЭЖХ

- Подлинность
- Посторонние примеси
- Растворение
- Однородность дозирования
- Количественное определение

Хроматограмма (параметры хроматографического пика)

1

Аналитический
сигнал

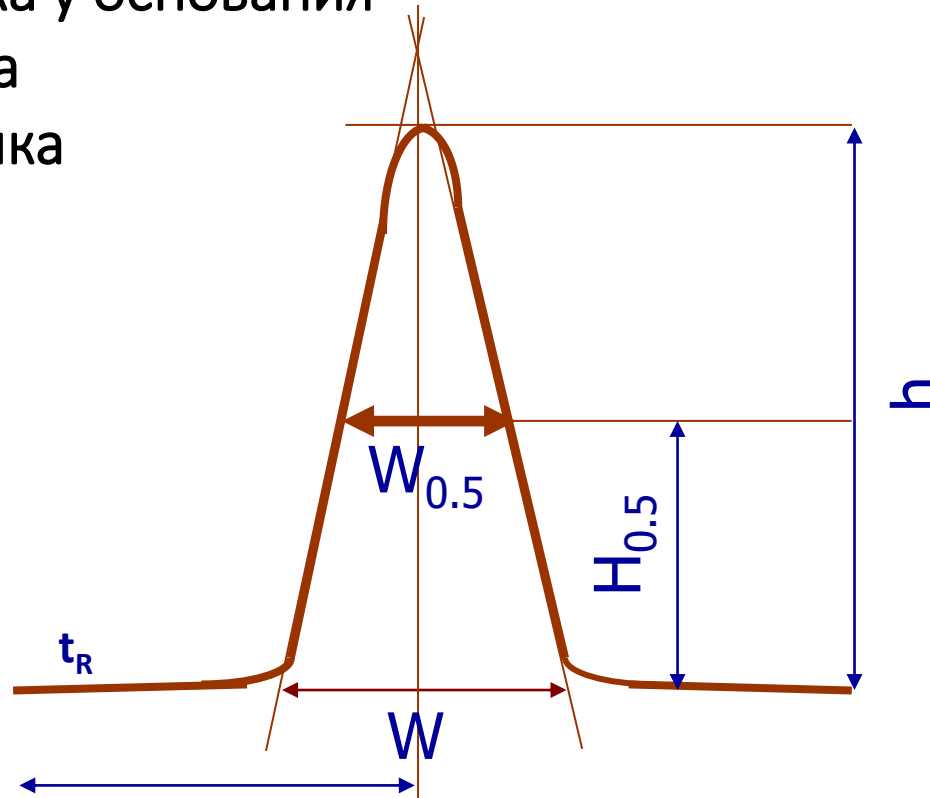


Параметры хроматографического пика

W -ширина пика у основания

h - высота пика

S – площадь пика



Относительные параметры удерживания

- **относительное время удерживания** – отношение времени удерживания определяемого компонента ко времени удерживания вещества, принятого за стандарт:

$$t'_r = \frac{t}{t_s}$$

- **относительный объем удерживания** – отношение объема удерживания определяемого компонента к объему удерживания вещества, принятого за стандарт:

$$V'_r = \frac{V}{V_s}$$

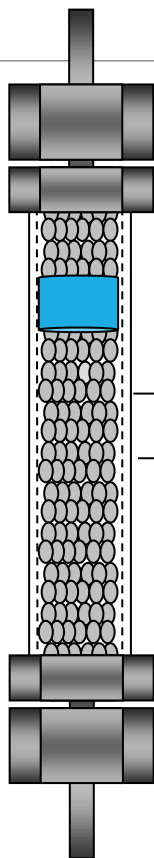
Относительные величины удерживания не зависят от количества сорбента в колонке, от ее объема, занятого подвижной фазой, перепада давления, от скорости подачи подвижной фазы и др. Они зависят от природы анализируемого вещества, от природы вещества-стандарта, сорбента и температуры колонки

Относительные параметры удерживания

При установлении относительных параметров удерживания в качестве стандартных могут быть использованы различные вещества. Как правило, это соединения, относящиеся к этому же классу соединений, что и определяемое вещество, с известными значениями параметров удерживания.

Целесообразным является определение параметров удерживания относительно 2 стандартных веществ. Первый стандарт должен иметь меньшее, а второй – большее значение времени удерживания, чем анализируемое вещество.

Основные хроматографические параметры



Число теоретических тарелок

$$N = 16 \left(\frac{t_R}{W} \right)^2 = 5,54 \left(\frac{t_R}{W_{0,5}} \right)^2$$

Высота эквивалентная теоретической тарелке (ВЭТТ)

Соответствует высоте слоя сорбента, при прохождении которой акт сорбции— десорбции успевает совершиться в среднем один раз.

$$H = \frac{L}{N}$$

Отражает качество использованного сорбента и заполнения колонки.

$$N > 1500, H < 1 \text{ mm}$$

Коэффициент емкости k' (фактор удерживания)

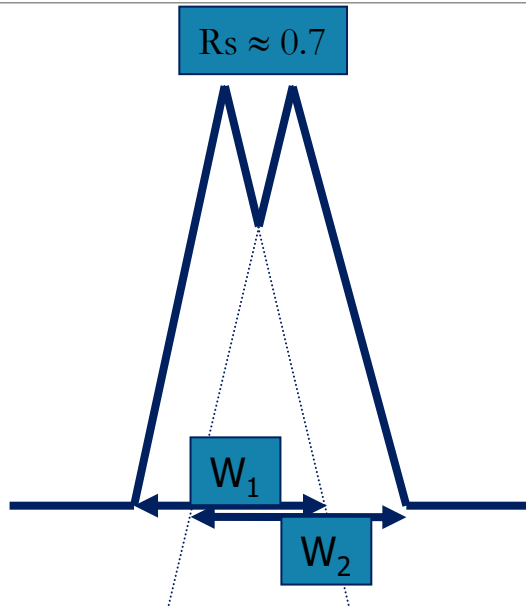
$$k' = \frac{t_R - t_M}{t_M} = \frac{t'_R}{t_M}$$

(1.5-5.0)

отношение приведенного
времени удерживания к
мертвому времени

Показывает способность
удерживания образца
относительно
неудерживаемого
компонента

Критерий разделения R_s (разрешение пиков)

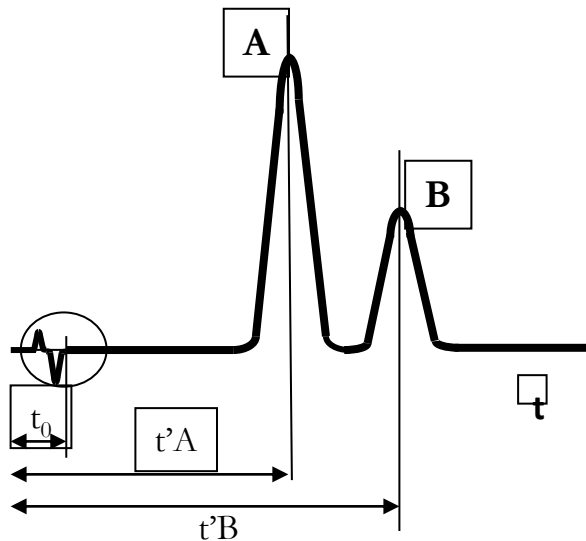


$$R_s = \frac{2 \cdot (t_{R2} - t_{R1})}{W_1 + W_2}$$

(≥ 1 , лучше 1.5)

$$R_s = \frac{1,18 (t_{R1} - t_{R2})}{W_{0,51} + W_{0,52}}$$

Относительное удерживание (селективность) α

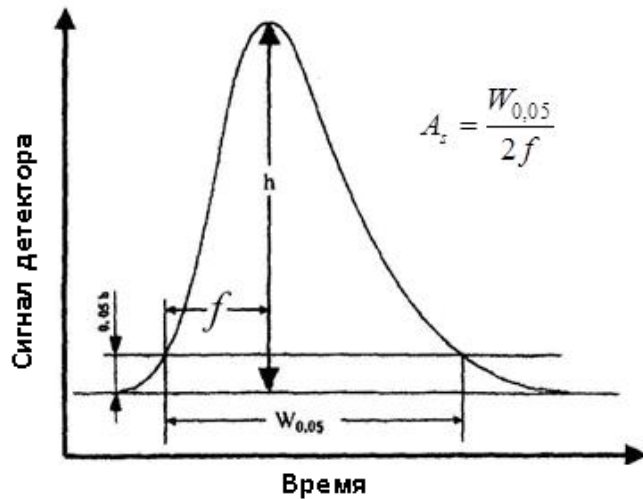


$$\alpha_{A}^B = t'_B / t'_A$$

$$\alpha_{A}^B > 1$$

Селективность — это способность хроматографической системы разделять данную пару веществ А и В.

Коэффициент асимметрии (A_s), при 5% от высоты пика



$$A_s = \frac{W_{0,05}}{2f}$$

(0.8-1.3)

Задача

Сравнительный анализ веществ был проведен методом ГЖХ на двух аналитических колонках. На первой колонке время удерживания - 11,6 мин, ширина пика на половине высоты 0,45 мин, на второй колонке - время удерживания 8,1 мин, ширина пика на половине высоты - 0,67 мин. Какая из колонок эффективнее?

Решение

$$n = 5,545 (t / W_{0,5})^2$$

$$n_1 = 5.545 \left(\frac{11.6}{0.45} \right)^2 = 3684.618$$

$$n_2 = 5.545 \left(\frac{8.1}{0.67} \right)^2 = 810.439$$

Первая колонка эффективнее

Задача

Оцените качество хроматографических колонок по высоте, эквивалентной теоретическим тарелкам. Для 1-й колонки: длина колонки - 1210 мм, число теоретических тарелок - 1355. Для 2-й колонки: длина колонки - 2450 мм, число теоретических тарелок - 1580.

Решение

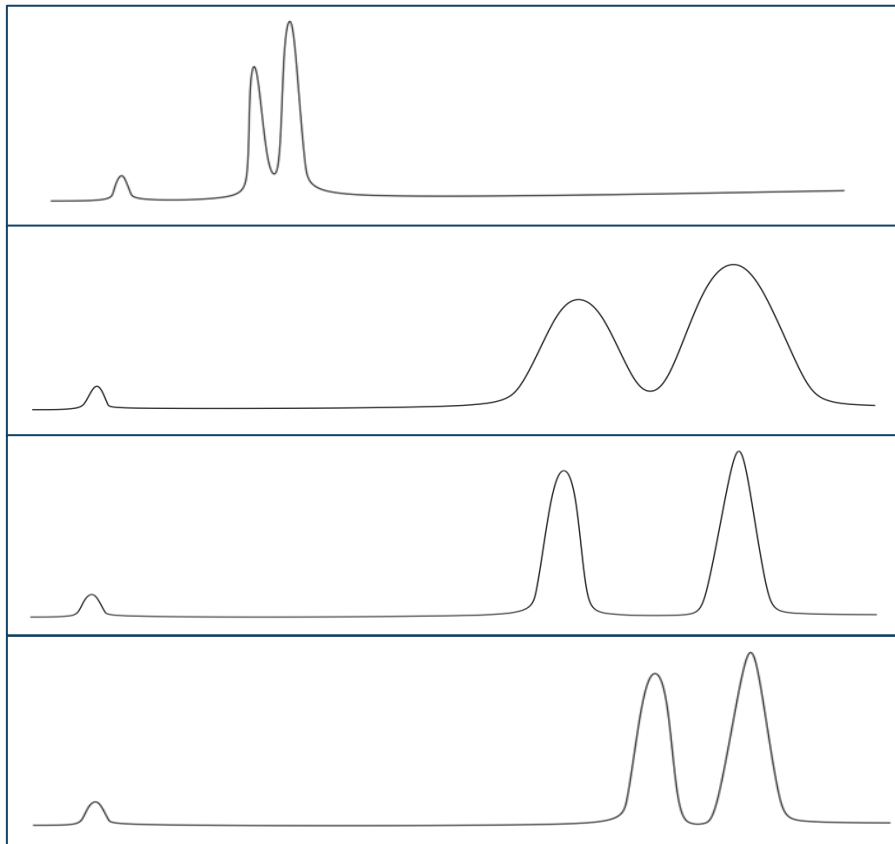
$$H = L / n$$

$$H1 = \frac{1210}{1355} = 0.893$$

$$H2 = \frac{2450}{1580} = 1.551$$

Первая колонка эффективнее

Влияние хроматографических параметров на процесс разделения



1) $\alpha=0,8$
 $N=10000$
 $k'=0,3$
 $R_s=0,7$

2) $\alpha=0,8$
 $N=100$
 $k'=5$
 $R_s=0,9$

3) $\alpha=0,8$
 $N=10000$
 $k'=5$
 $R_s=9,2$

4) $\alpha=0,99$
 $N=20000$
 $k'=5$
 $R_s=1,1$

Качественный хроматографический анализ

Качественной характеристикой вещества является время удерживания данного компонента

Время удерживания компонента – это время, прошедшее с момента ввода пробы до момента выхода максимума пика

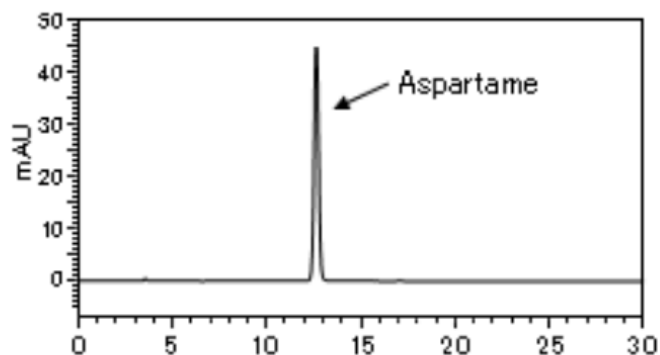
Время удерживания зависит от природы хроматографируемого вещества и газа-носителя, скорости прохождения подвижной фазы через колонку, природы и массы неподвижной фазы, температуры, длины колонки

Для идентификации компонента сравнивают время удерживания неизвестного компонента и время удерживания эталона

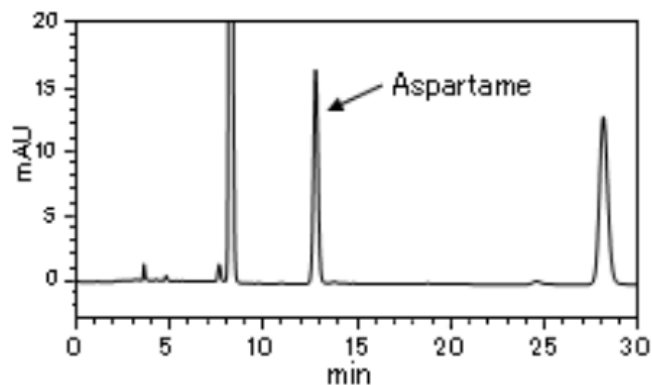
Если величины совпадают, то с большой долей вероятности можно говорить об идентичности компонентов

Качественный хроматографический анализ

【Chromatogram of the standard sample】



【Chromatogram of the beverage】



Чтобы идентифицировать компонент, сравнивается время удерживания неизвестного компонента и время удерживания эталона. Если значения совпадают, то с большой вероятностью можно говорить об идентичности компонентов

Количественный хроматографический анализ

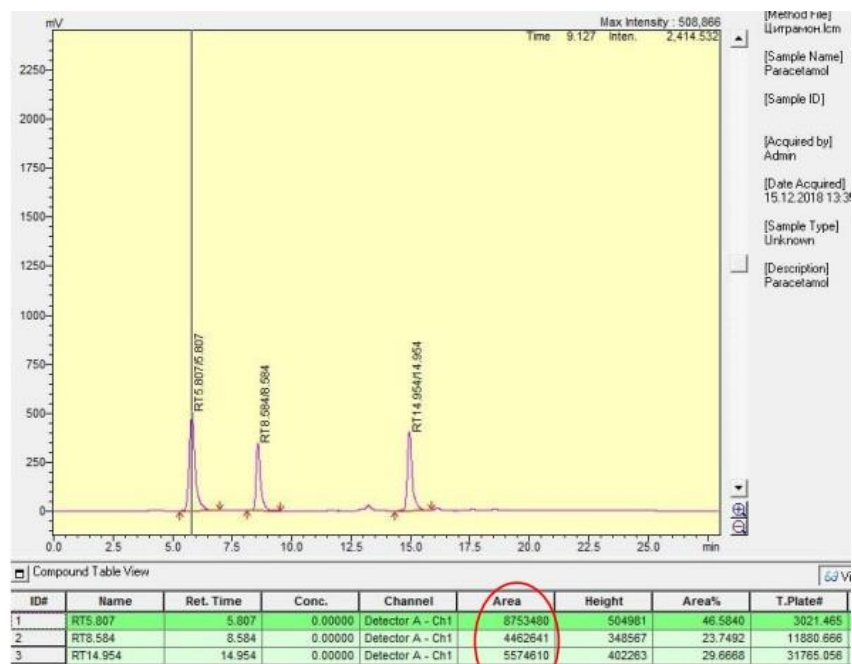
Основан на допущении, что площадь пика на хроматограмме, соответствующая данному компоненту, прямо пропорциональна его количеству

Способы измерения площади пика:

1. Проводят касательные к тылу и фронту пика и соединяют их линией, параллельной нулевой линии

Площадь полученного треугольника составляет 96% от истинной и пропорциональна количеству вещества в пробе

2. Для расчета площади симметричных пиков находят произведение высоты пика на его полуширину (84% площади пика)



Способы расчета концентрации

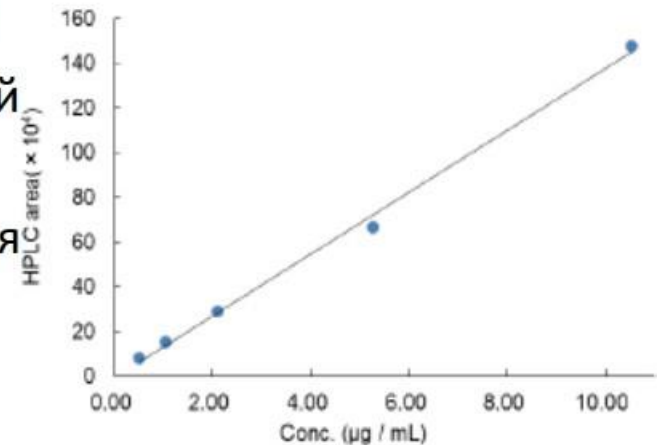
1. Метод абсолютной калибровки (градуировки)

Готовится серия эталонных растворов с известной массой определяемого компонента

Каждый эталонный раствор хроматографируется и определяется площадь пика

Строится график S_x — m компонента

Хроматографируется раствор с неизвестной концентрацией, определяется площадь пика и по графику находится масса анализируемого компонента



Способы расчета концентрации

2. Метод внутренней нормализации

На одной и той же хроматограмме измеряют площади всех пиков и находят их сумму

Основан на предположении, что на хроматограмме зарегистрированы все вещества, входящие в состав анализируемой смеси, и что доля площади каждого пика от суммы площадей всех пиков соответствует содержанию вещества в массовых процентах.

$$X_i = \frac{S_i \cdot 100}{\sum_{i=1}^n S_i},$$

Способы расчета концентрации

3. Метод внутреннего стандарта

Готовят эталонную смесь (включает массу определяемого компонента и точно известную массу стандарта). Смесь хроматографируют и сравнивают площади пиков определяемого вещества и стандарта

Т.к. площадь пика пропорциональна массе вещества:

$$C_x = f_x \cdot \frac{C_{st} \cdot S_x}{S_{st}}$$

C_x – концентрация анализируемого раствора

f_x – коэффициент пропорциональности

C_{st} – концентрация стандартного раствора

S_{st} – площадь пика стандартного раствора

Способы расчета концентрации

4. Метод внешнего стандарта. Концентрацию испытуемого вещества определяют путем сравнения сигнала (пика), полученного на хроматограммах испытуемого раствора, сигнала, полученного на хроматограммах раствора стандартного образца.

$$C_x = \frac{C_{st} \cdot S_x}{S_{st}}$$

Задача

Хроматографированию подвергнут образец мятного масла. На хроматограмме имеются следующие пики: 1-й (не идентифицирован) площадью 113 мм^2 , 2-й (не идентифицирован) - 225 мм^2 , 3-й (ментон) - 246 мм^2 , 4-й (ментилацетат) - 384 мм^2 , 5-й (ментол) - 1130 мм^2 . Рассчитайте содержание свободного ментола в образце.

Решение

$$w(\text{menthol}), \% = \frac{S_5}{S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5} \cdot 100$$

$$\begin{aligned} w(\text{menthol}), \% &= \frac{1130}{113 + 225 + 246 + 384 + 1130} \cdot 100 \\ &= 53,86\% \end{aligned}$$

Задача

Для хроматографирования была взята смесь 0,1098 г камфоры и 0,1188 г нафталина - внутреннего стандарта. Площади полученных пиков: 5010 мм² - камфора, 58740 мм² - нафталин. Рассчитайте содержание камфоры в образце, если коэффициент пропорциональности равен 1,063.

Решение

$$w(\text{camphor}), \% = f_x \cdot \frac{mst \cdot Sx}{Sst \cdot ax} \cdot 100$$

$$\begin{aligned} w(\text{camphor}), \% &= 1.063 \cdot \frac{0.1188 \cdot 5010}{58740 \cdot 0.1098} \cdot 100 \\ &= 9.81\% \end{aligned}$$