

Лекция 16

Адсорбция на твердых адсорбентах

План

16.1 Классификация твердых адсорбентов

16.2 Адсорбция на твердых адсорбентах

16.3 Адсорбционная терапия

16.4 Хроматография

16.1 Твердые адсорбенты

– это природные или синтетические вещества с развитой внутренней или наружной поверхностью, на которой происходит адсорбция из жидкой или газообразной фазы.

**Развитая внутренняя
поверхность** имеется у
пористых веществ,
наружная – у веществ в
**порошкообразном
состоянии.**

Важнейшей характеристикой твердых адсорбентов

является их **активная**

**(удельная) поверхность (S_a),
выражаемая в $\text{м}^2/\text{кг}$ или $\text{м}^2/\text{г}$.**

$$S_a \text{ (активированный уголь)} = \\ = 1 \times 10^3 \text{ м}^2/\text{г}$$

$$S_a \text{ (силикагель)} = 465 \text{ м}^2/\text{г}$$

Классификация твердых адсорбентов

**1. Углеродные
сорбенты
(активирован-
ный уголь);**



2. **Алюмосиликаты**

– **алюминиевые соли
поликремневых кислот;**

Например, каолин
(белая глина)



3. Цеолиты –
алюмосилика-
ты с высоким
содержанием
натрия и
кальция;



4. Силикагели
– обезвоженный
гель
поликремневой
кислоты $(\text{SiO}_2)_n$;



5. Оксиды и гидроксиды

некоторых

металлов: Al_2O_3 ,

$\text{Al}(\text{OH})_3$, Fe_2O_3 ,

$\text{Fe}(\text{OH})_3$



6. Пищевые волокна -



**целлюлоза, пектин и
лигнин, являющиеся
важным компонентом
питания человека.**

Основные функции пищевого волокна

**1) Активируют
перистальтику
кишечника;**

**2) Адсорбируют и выводят
из организма токсичные
вещества;**

3) Способствуют росту бактерий, синтезирующих витамины группы В, которые, в свою очередь, предупреждают размножение болезнетворных микроорганизмов, а также образование токсинов и канцерогенов;

**4) Связывают тяжелые
металлы и
радионуклиды
в прочные хелатные
комплексы, которые
легко выводятся из
организма.**

Пищевое волокно в продуктах питания

Продукт	г волокна /100 г продукта
Миндаль	5,1
Яблоки	3,9
Кукуруза	3,9
Фасоль	2,2
Тыква	2,2
Капуста	1,4
Рис неочищенный	1,3

**По мнению диетологов
норма потребления
пищевого волокна
составляет 10-40 г/день.**

**По сравнению с 1900
годом их потребление
уменьшилось на 80%.**

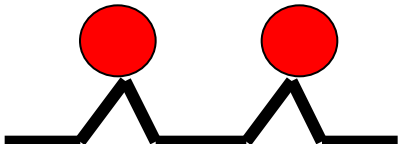
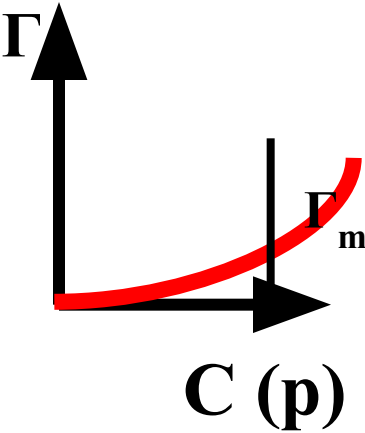
16.2 Виды адсорбции на твердых адсорбентах

- 1. Молекулярная адсорбция**
- 2. Избирательная адсорбция
электролитов из их
растворов**
- 3. Ионообменная адсорбция**

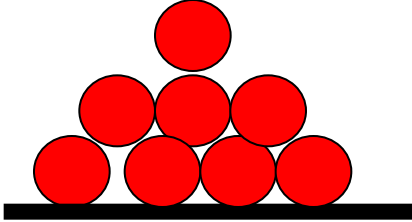
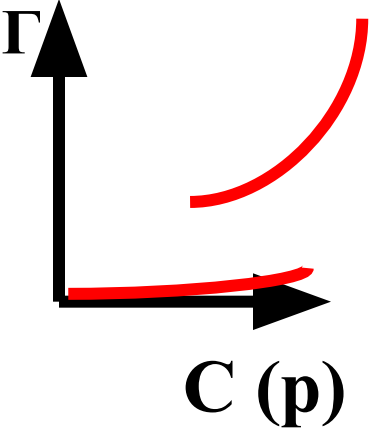
Молекулярной

называют адсорбцию
неэлектролитов и слабых
электролитов из жидкой
или газообразной фазы
твердыми адсорбентами.

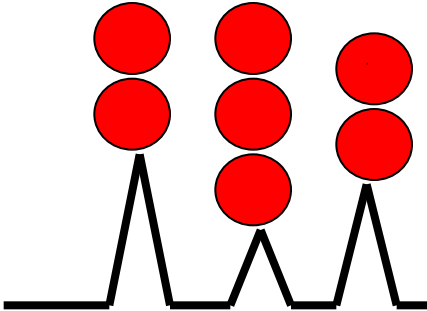
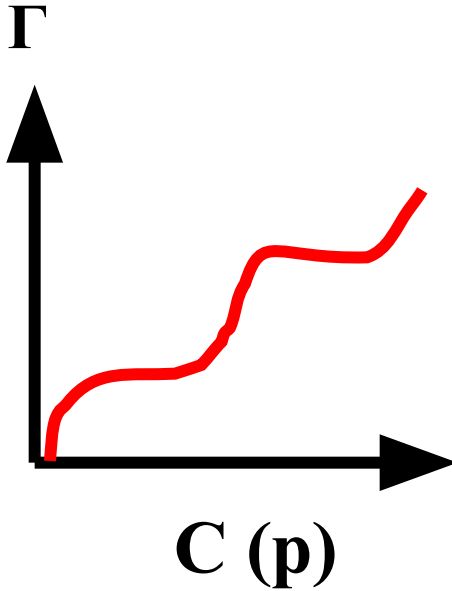
Некоторые теории молекулярной адсорбции

Название теории	Физическая модель	Изотерма адсорбции	Уравнение изотермы
<p>Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра (1915)</p>	 <p>Неровности являются активными центрами поверхности. Один центр адсорбирует одну молекулу адсорбата.</p>		$\Gamma = \Gamma_{\max} \frac{K \times c}{1 + K \times c}$ $\Gamma = \Gamma_{\max} \frac{K \times p}{1 + K \times p}$

Некоторые теории молекулярной адсорбции

Название теории	Физическая модель	Изотерма адсорбции	Уравнение изотермы
Теория полимолекулярной адсорбции Поляни (1915)	 <p>Поверхность однородна; ее силовое поле притягивает несколько слоев адсорбата</p>		—

Некоторые теории молекулярной адсорбции

Название теории	Физическая модель	Изотерма адсорбции	Уравнение изотермы
Теория адсорбции БЭТ (1935-1940)			—

Для вычисления
молекулярной адсорбции
используют **эмпирическое**
уравнение Фрейндлиха:

$$x = kc^{1/n}$$

$$x = kp^{1/n}$$

x – масса адсорбата на 1
грамме адсорбента,

p – равновесное давление в
газовой фазе,

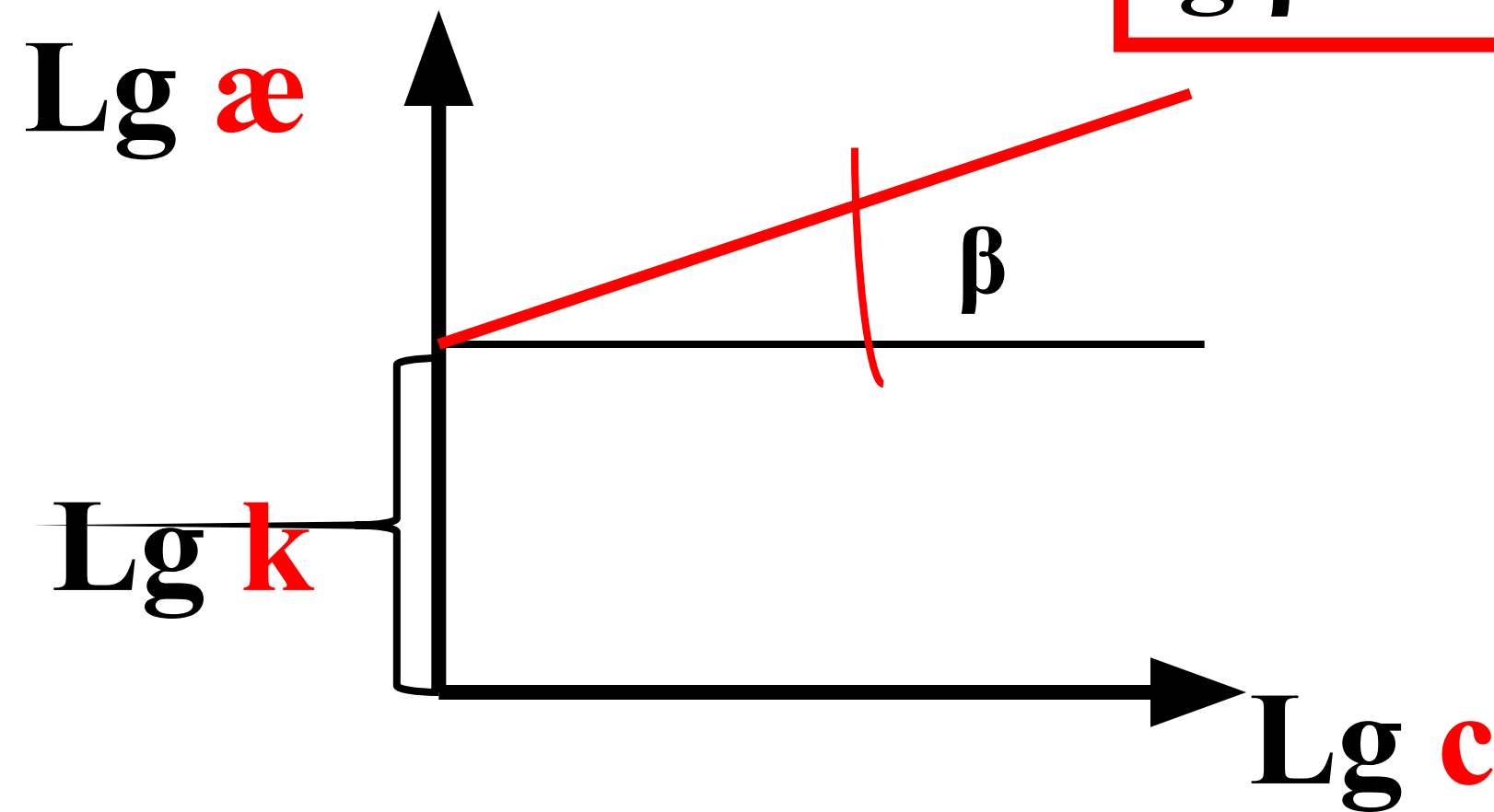
c – равновесная концентрация
в жидкой фазе,

k – константа Фрейндлиха,

n – параметр уравнения.

Определение параметров уравнения Фрейндлиха

$$\operatorname{tg} \beta = 1/n$$



Адсорбция электролитов из растворов

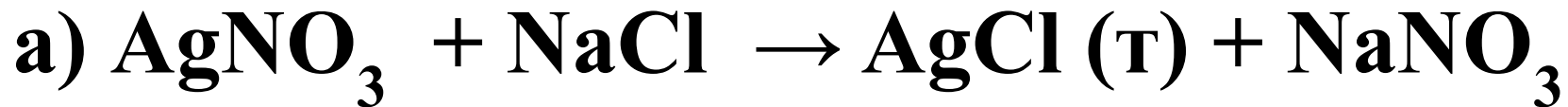
- Избирательная
- Ионоселективная

**Избирательная
адсорбция электролитов
из растворов
описывается
правилами Панета-
Фаянса.**

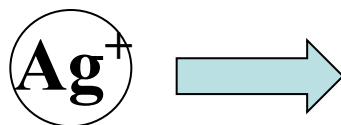
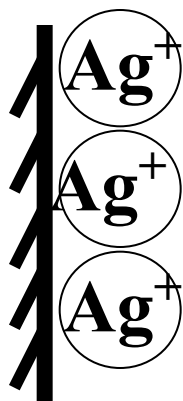
Правило 1: на твердой поверхности адсорбируются преимущественно те ионы, которые входят в ее состав.

Такую адсорбцию можно рассматривать как

дистраивание кристаллической решетки адсорбента.

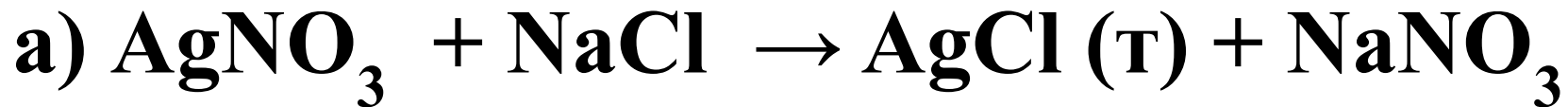


изб.

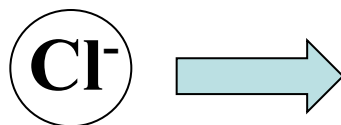
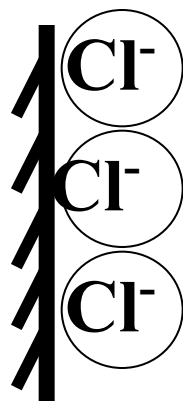


**Потенциал-
определяю-
щий ион
(ПОИ)**

**Поверхность адсорбента заряжается
положительно**



изб.

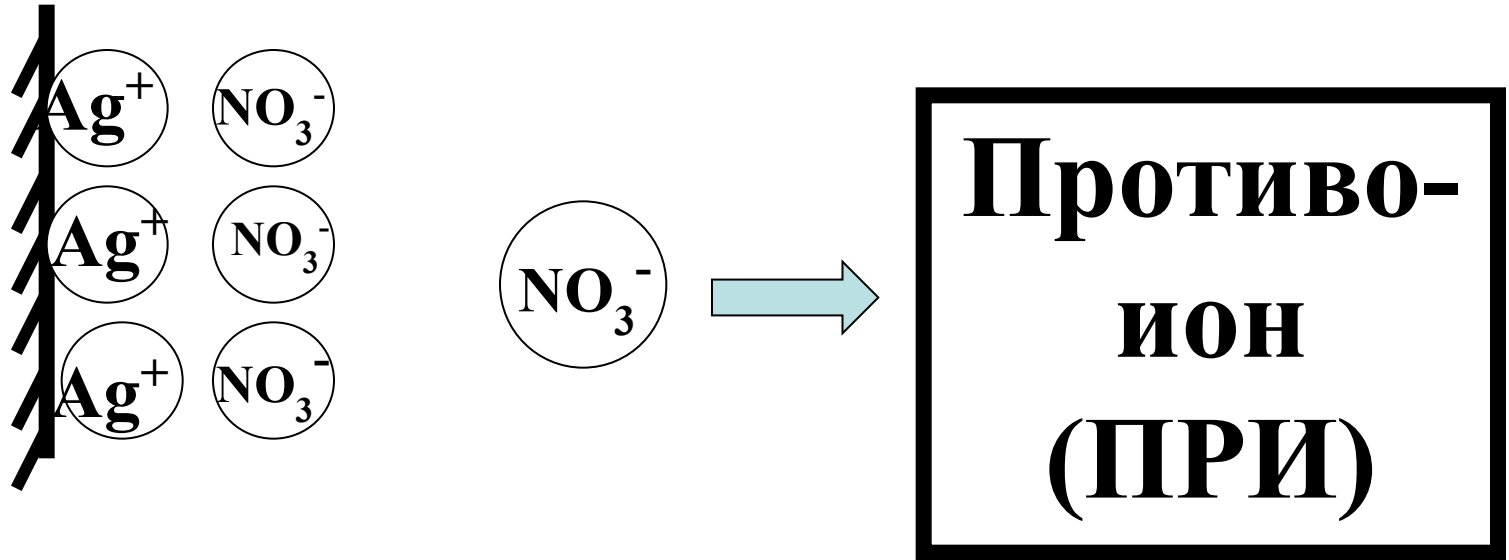


**Потенциал-
определяю-
щий ион
(ПОИ)**

**Поверхность адсорбента заряжается
отрицательно**

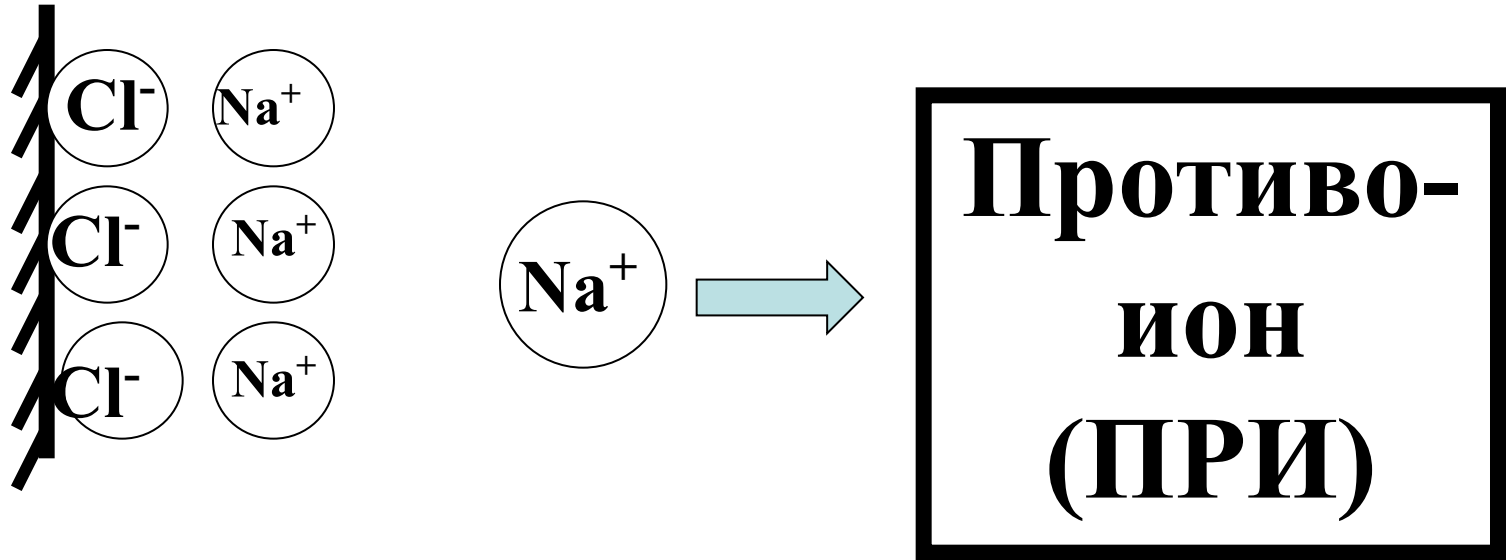
Правило 2:
на заряженной
поверхности
адсорбируются ионы
противоположного
знака.

A)



**На твердой поверхности
формируется двойной
электрический слой**

б)

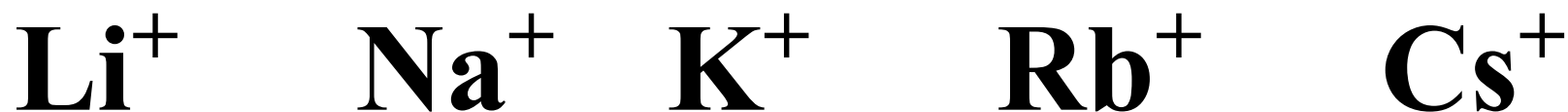


**На твердой поверхности
формируется двойной
электрический слой**

**Способность ионов
адсорбироваться на твердых
поверхностях зависит:**

- **от заряд иона;** чем больше заряд, тем выше адсорбционная способность;
- **от ионного радиуса;** чем меньше радиус, тем ниже адсорбционная способность.

Ионы одного знака и заряда образуют **лиотропные ряды:**



Увеличение адсорбционной способности



Увеличение адсорбционной способности

Ионообменная адсорбция -

**это процесс, в котором
твёрдый адсорбент и
раствор обмениваются
одноименно заряженными
ионами в эквивалентных
количествах.**

**Сорбенты, способные к обмену ионов,
называются ионообменниками или
ионитами.**

Иониты

```
graph TD; A[Иониты] --> B[Катиониты]; A --> C[Аниониты];
```

Катиониты

Аниониты

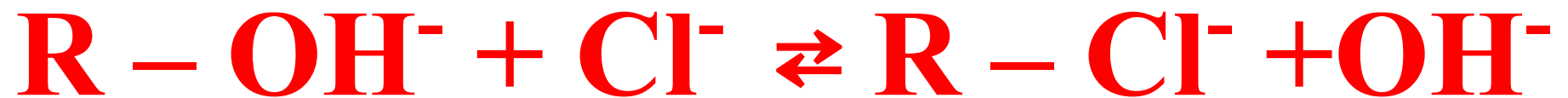
Катиониты содержат подвижные катионы водорода H^+ или катионы металлов. К ним относятся алюмосиликаты, цеолиты, силикагели, целлюлоза и другие сорбенты:



R – органическая полимерная основа

АНИОНИТЫ содержат
подвижные гидроксид-ионы

OH^- . К ним относятся
основания $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ и
другие сорбенты:



Иониты используются:

- **для обессоливания морской воды,**
- **для очистки сточных вод,**
 - **для очистки фармакологических препаратов**

В медицине они применяются:

- **для консервации крови,**
- **для беззондового определения кислотности желудочного сока,**
- **для детоксикации при отравлениях электролитами**

- **аниониты** используются как антацидные препараты,
- **катиониты** применяются для лечения отеков, связанных с декомпенсацией сердечной деятельности.

**К ионному обмену способны
ткани растений и животных.**

**Карбоксильные и фосфатные
группы обуславливают
анионообменные свойства,
аминогруппы –
катионообменные свойства.**

**16.3 Адсорбционная
терапия** применяется
для удаления **ТОКСИНОВ**
и других вредных
веществ из организма
человека.

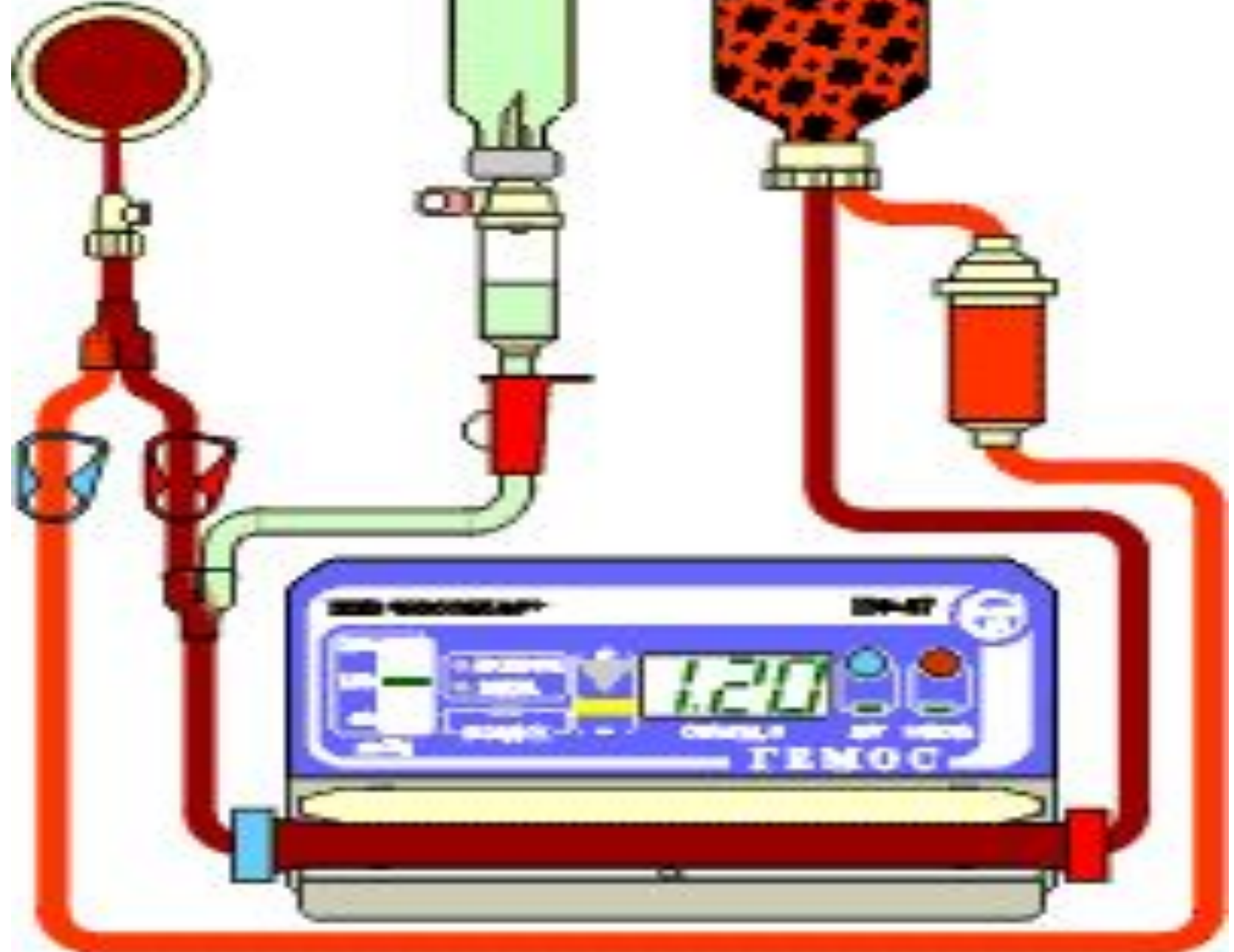
**В современной медицине
твердые сорбенты применяются
для проведения:**

- гемо-, лимфо- и плазмо-
сорбции,**
- энтеросорбции**

Гемо-, лимфо- и плазмасорбция –

**это методы очистки крови и
других биологических жидкостей
путем их пропускания через
колонки с активированным углем
и другими сорбентами
(применяется с 60-х годов 20 в.)**

BEHA



Энтеросорбция –

**это метод лечения,
основанный на
связывании и выведении
из ЖКТ токсичных
веществ и аллергенов.**

**Энтеросорбенты –
лекарственные препараты
различной природы
осуществляющие
связывание токсинов в
ЖКТ путем адсорбции,
ионного обмена и
комплексобразования.**

**«Будущее не за
вводящей, а за
выводящей
медициной»**

проф. Ю.М. Лопухин

15.4 Хроматографический метод анализа

**(от греческого "хроматос"
- цвет)**

**разработан русским
ботаником**

М. С. Цветом в 1903 г.

Цвет установил, что зеленый пигмент растений хлорофилл состоит из нескольких веществ.

При пропускании экстракта зеленого листа через колонку, заполненную порошком мела, и промывании ее эфиром он получил несколько окрашенных зон, что говорило о наличии в экстракте нескольких веществ.

**Развитие
хроматографических
методов началось в 30-ые
годы, когда возникла
потребность в новом методе
разделения и очистки
веществ, разлагающихся
при нагревании.**

Хроматография

**– это физико-химический метод
разделения веществ,
основанный на их
распределении между двумя не
смешивающимися фазами, одна
из которых является
неподвижной, а другая -
подвижной.**

Неподвижная фаза
представляет собой
поверхностно-активное
твердое тело или
жидкость, закрепленную
на поверхности инертного
твердого носителя.

**Подвижная фаза -
газ или жидкость,
которые проходят
через слой
неподвижной фазы.**

Вещество подвижной фазы непрерывно вступает в контакт с новыми участками сорбента и частично адсорбируется, а адсорбированное вещество контактирует со свежими порциями подвижной фазы и частично десорбируется.

**Хроматография - процесс,
основанный на
многократном повторении
актов сорбции и десорбции
вещества при
перемещении его в потоке
подвижной фазы вдоль
неподвижного сорбента.**

Классификация методов хроматографии

- 1. По агрегатному состоянию фаз.**
- 2. По доминирующему механизму взаимодействия фаз.**

Классификация по агрегатному состоянию фаз

Неподвижная фаза	Подвижная фаза	
	газообразная	жидкая
Твердая	Газо-адсорбционная хроматография (ГАХ)	Жидкостно-адсорбционная хроматография (ЖАХ)
Жидкая	Распределительная газо-жидкостная хроматография (ГЖХ)	Распределительная жидкостно-жидкостная хроматография (ЖЖХ)

Классификация по доминирующему механизму

- а) Адсорбционная хроматография -**
процесс разделения основан на
различной способности веществ
анализируемой смеси
адсорбироваться на твердом
адсорбенте. Подвижной фазой
служит жидкость или газ.

**б) Распределительная
хроматография – процесс
разделения компонентов
смеси основан на
различной растворимости
веществ в двух
несмешивающихся
жидкостях.**

**в) Ионнообменная
хроматография**

**основана на обратимом
обмене ионов между
раствором и
ионообменником.**

Гель - хроматография

– неподвижной фазой является малоактивный материал (гель), способный удерживать молекулы вещества определенных размеров и форм, и разделять их по способности проникать в поры геля.

Аффинная (биоспецифическая) хроматография

основана на свойстве ВМС и других биологически активных соединений "узнавать" в любой смеси "свои" строго определенные вещества и взаимодействовать с ними. Так фермент "узнает" свой субстрат, антиген "узнает" антитело, гормон - "свой" рецептор.

**Хроматографию широко
применяют в медико-
биологических исследованиях:**

- **Анализ крови на присутствие
алкоголя, наркотиков,
ДОПИНГ-КОНТРОЛЬ.**

- **Исследование состава липидов крови, что привело к пониманию проблемы атеросклероза**
- **Изучение возбудителей инфекционных заболеваний или гнойно-воспалительных процессов.**

В настоящее время в ведущих лабораториях изучают метаболические профили биосред: крови, мочи, слюны, выдыхаемого воздуха. В одном анализе определяют несколько сотен компонентов. Профили несут в себе информацию о том, какие лекарства получал человек, какие заболевания перенес и т.д.

Благодарим

за

внимание!!!