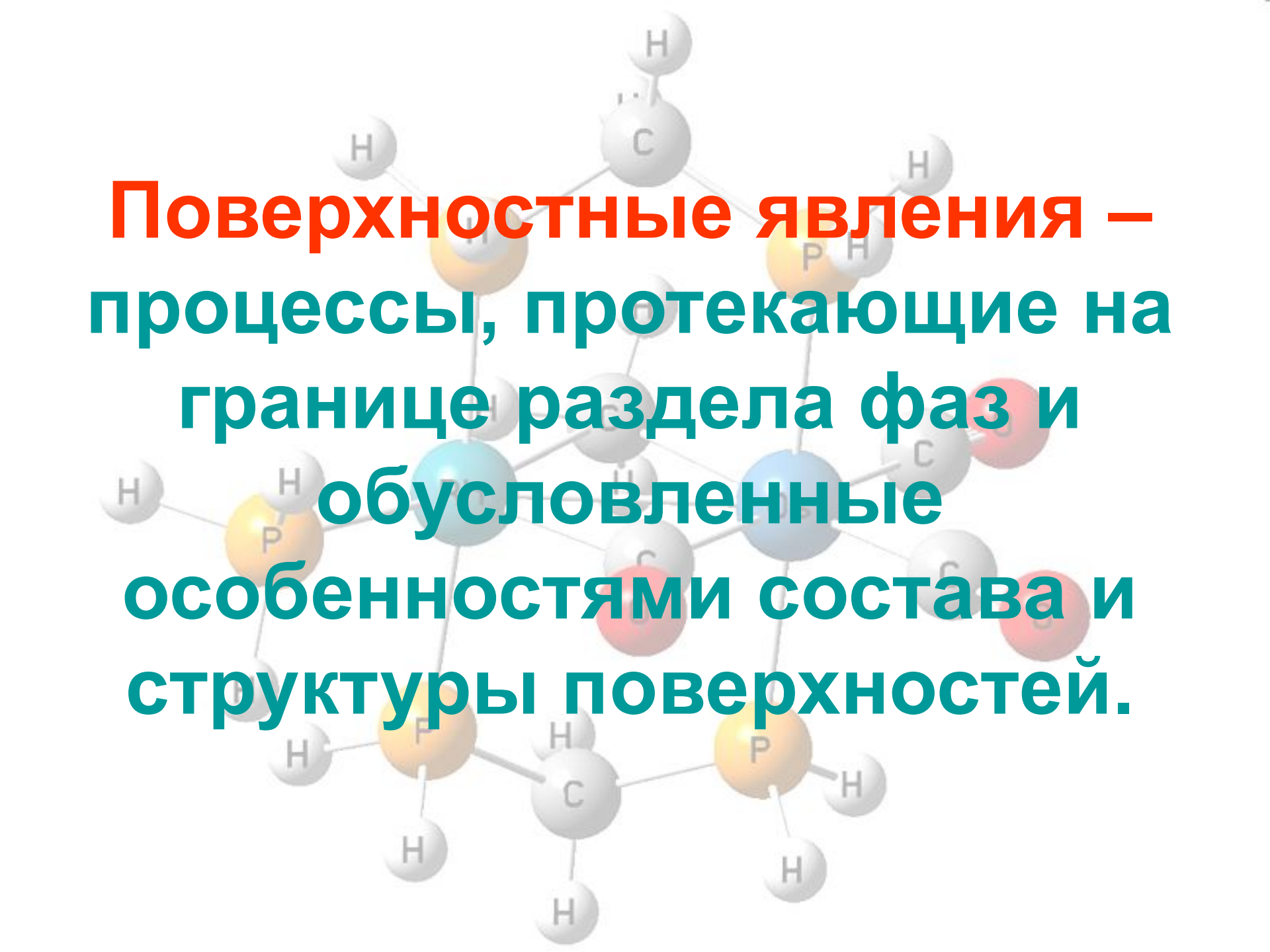


**Физико-химия
поверхностных
явлений в
функционировании
живых систем**



Поверхностные явления –
процессы, протекающие на
границе раздела фаз и
обусловленные
особенностями состава и
структуры поверхностей.

Поверхностное натяжение

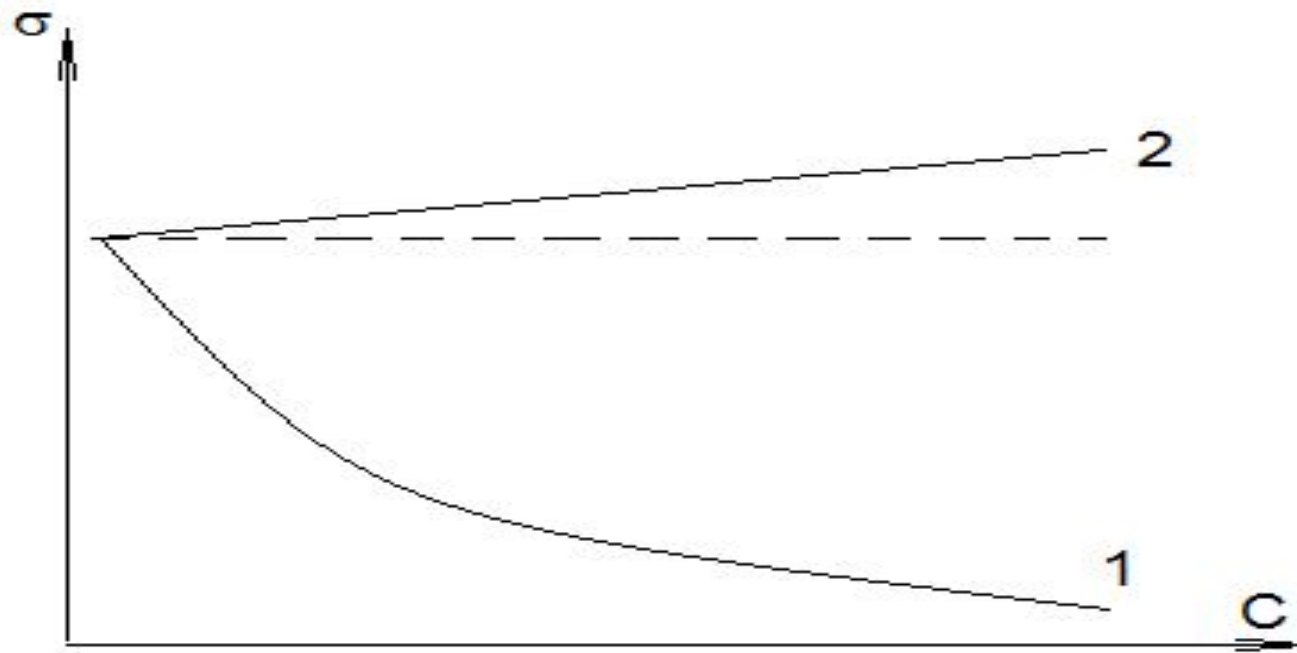
$$\sigma = \left(\frac{\partial G}{\partial S} \right)_{P, T, n} \quad [\text{Дж/м}^2]$$

Физический смысл σ :

- 1) Энергия (Дж/м²)
- 2) Сила (Н/м)

$$\sigma_{\text{H}_2\text{O}} = 72,75 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2 \text{ при } 298^\circ \text{ К}$$

Зависимость σ от C называется
изотерма поверхностного натяжения.



1- ПАВ

$$\Delta\sigma/\Delta C < 0$$

$$E_{\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{O}} > E_{\text{H}_2\text{O}-\text{ПАВ}}$$

2- ПИВ

$$\Delta\sigma/\Delta C > 0$$

$$E_{\text{H}_2\text{O}-\text{ПАВ}} > E_{\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{O}}$$

**Поверхностная активность –
способность растворенных
веществ изменять
поверхностное натяжение.**

Мера поверхностной активности

- $(d\sigma/dC)$ или - $(\Delta\sigma/\Delta C)$

Уравнение Шишковского

$$\sigma = \sigma_0 - B \ln(1 + AC),$$

C – концентрация ПАВ

Определение σ : 1) статические

2) полустатические

3) динамические



Правило Дюкло-Траубе:

$$\beta = G_{n+1} / G_n = 3 \div 3,5$$

(для спиртов и карбоновых кислот)

ПЕРИОДЫ	A I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X				
1	H 1 1,00794 Водород						(H)			He 2 4,002602 Гелий				
2	Li 3 6,941 Литий	Be 4 9,0122 Бериллий	B 5 10,811 Бор	C 6 12,011 Углерод	N 7 14,007 Азот	O 8 15,999 Кислород	F 9 18,998 Фтор	Ne 10 20,179 Неон						
3	Na 11 22,99 Натрий	Mg 12 24,305 Магний	Al 13 26,9815 Алюминий	Si 14 28,086 Кремний	P 15 30,974 Фосфор	S 16 32,066 Сера	Cl 17 35,453 Хлор	Ar 18 39,948 Аргон						
4	K 19 39,098 Калий	Ca 20 40,078 Кальций	Sc 21 44,955 Скандий	Ti 22 47,88 Титан	V 23 50,94 Ванадий	Cr 24 51,996 Хром	Mn 25 54,938 Марганец	Fe 26 55,847 Железо	Co 27 58,933 Кобальт	Ni 28 58,69 Никель				
5	Rb 37 85,468 Рубидий	Sr 38 87,62 Стронций	Zn 30 65,38 Цинк	Ga 31 69,72 Галлий	Ge 32 72,59 Германий	As 33 74,92 Арсен	Se 34 78,96 Селен	Br 35 79,90 Бром	Kr 36 83,80 Криптон					
6	Cs 55 132,905 Цезий	Ba 56 137,32 Барий	In 49 114,82 Индий	Sn 50 118,71 Олово	Sb 51 121,75 Сурьма	Te 52 127,60 Теллур	I 53 126,9045 Йод	Xe 54 131,29 Ксенон						
7	Fr 87 [223] Франций	Ra 88 [226] Радий	Ac 89 [227] Актиний											
	R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RH ₄	RH ₃	RH ₂	RH	R ₂ O ₇	RO ₄					
ЛАНТАНОИДЫ*	58 Ce 140,12 Церий	59 Pr 140,908 Прометий	60 Nd 144,24 Неодим	61 Pm 144,91 Прометий	62 Sm 150,36 Самарий	63 Eu 151,96 Европий	64 Gd 157,25 Гадолиний	65 Tb 158,925 Тербий	66 Dy 162,50 Диспрозий	67 Ho 164,930 Гольмий	68 Er 167,26 Ербий	69 Tm 168,933 Тулий	70 Yb 173,04 Иттербий	71 Lu 174,967 Лютеций
АКТИНОИДЫ**	90 Th 232,038 Торий	91 Pa 231,036 Протактиний	92 U 238,029 Уран	93 Np 237,048 Нептуний	94 Pu 244,064 Плутоний	95 Am 243,061 Америций	96 Cm 247,070 Кюрий	97 Bk 247,070 Берклий	98 Cf 251,083 Калифорний	99 Es 252,083 Эйнштейний	100 Fm 257,103 Фермий	101 Md 258,103 Менделеев	102 No 259,103 Нобелий	103 Lr 260,103 Лоренций

Неметаллы Металлы, образующие основные оксиды и основания ☁ - газ при комнатной температуре 🔵 - жидкость при комнатной температуре ⚡ - радиоактивный элемент
 Металлы, образующие амфотерные оксиды и гидроксиды

Сорбция

```
graph TD; A[Сорбция] --- B[адсорбция]; A --- C[абсорбция]; A --- D[хемосорбция]; A --- E[капиллярная конденсация];
```

адсорбция

абсорбция

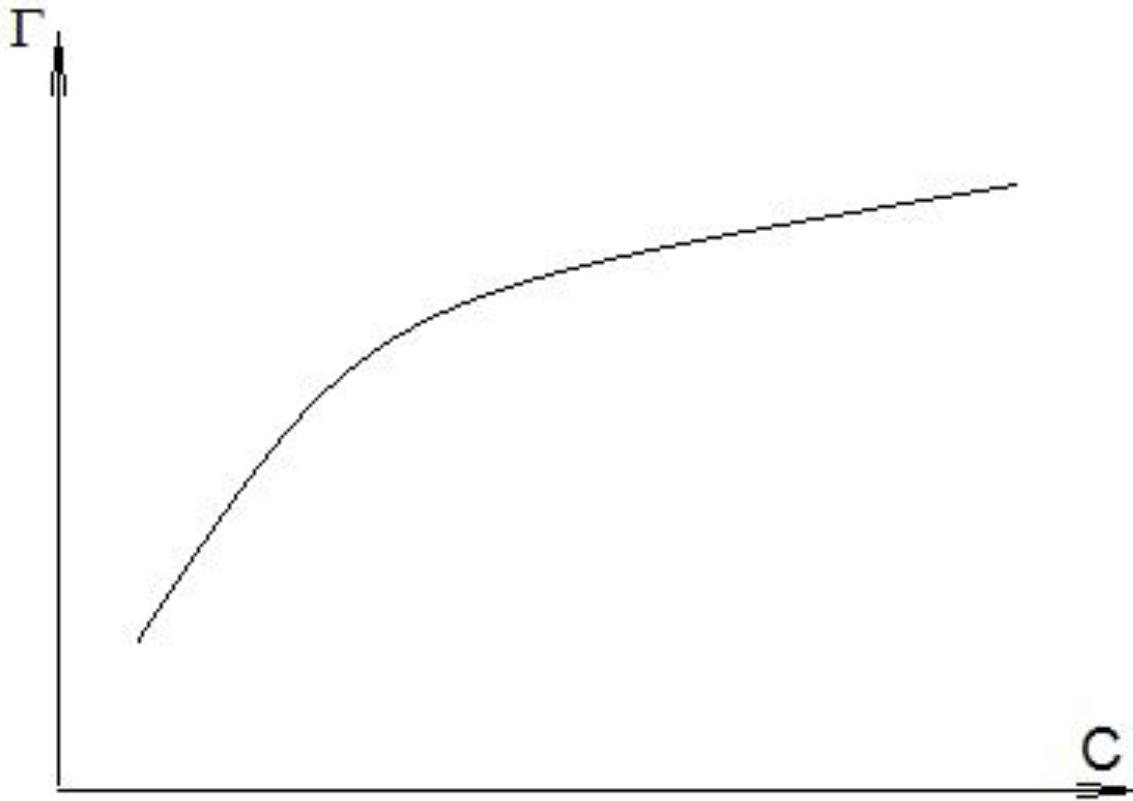
хемосорбция

капиллярная
конденсация

Физическая сорбция – 8 -20 кДж/моль

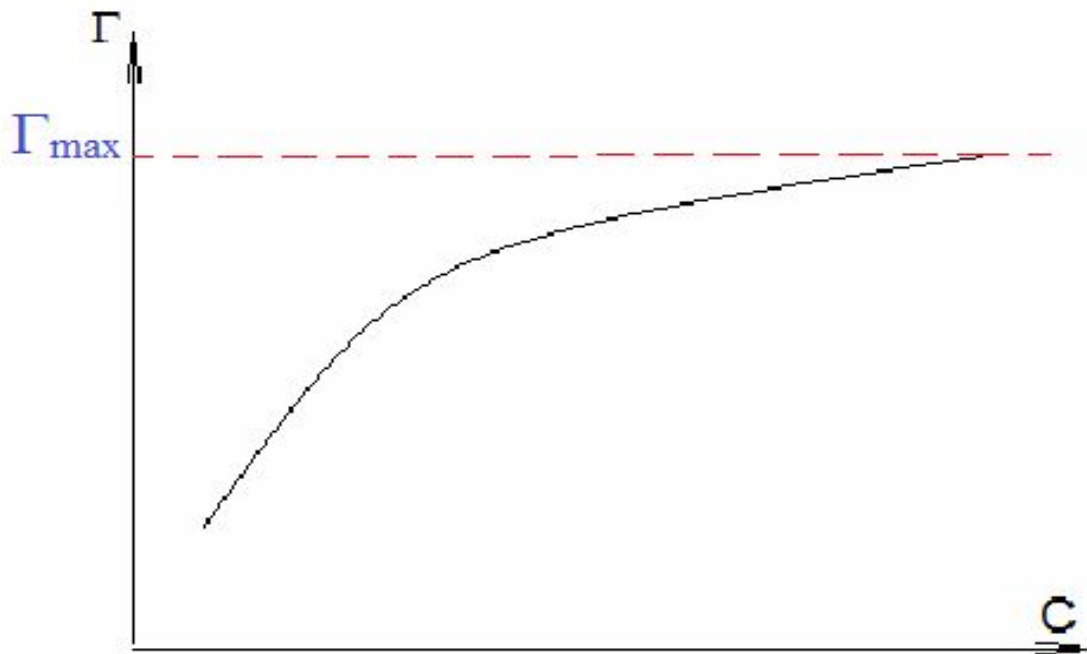
Хемосорбция – 80-800 кДж/моль

Уравнение Гиббса [моль/м²]



$$\Gamma = -\frac{d\sigma}{dC} \cdot \frac{C}{RT}$$

Теория мономолекулярной адсорбции Лэнгмюра



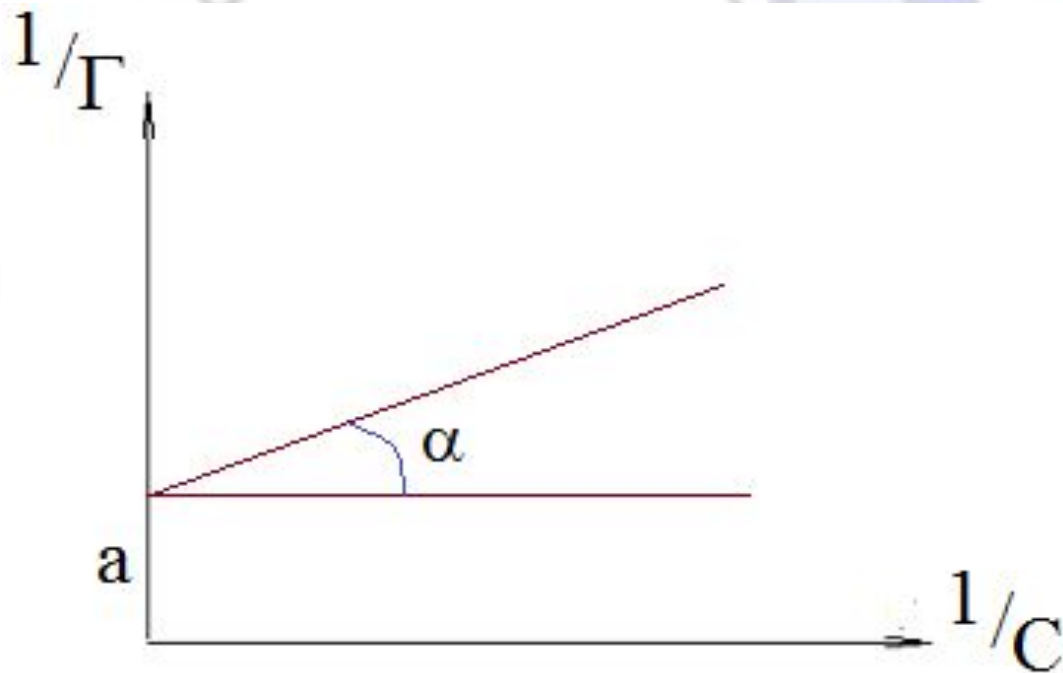
$$\Gamma = \frac{\Gamma_{\max} \cdot C}{K + C}$$



при увеличении концентрации ПАВ

Линеаризация уравнения Лэнгмюра

$$\frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_{\max}} + \frac{k}{\Gamma_{\max}} \cdot \frac{1}{C} \quad (y = a + bx)$$



$$a = \frac{1}{\Gamma_{\max}};$$

$$\frac{k}{\Gamma_{\max}} = \operatorname{tg} \alpha$$

По величине Γ_{\max} можно
рассчитать S_o и l молекул ПАВ
в мономолекулярном слое

$$S_o = \frac{1}{\Gamma_{\max} \cdot N_A};$$

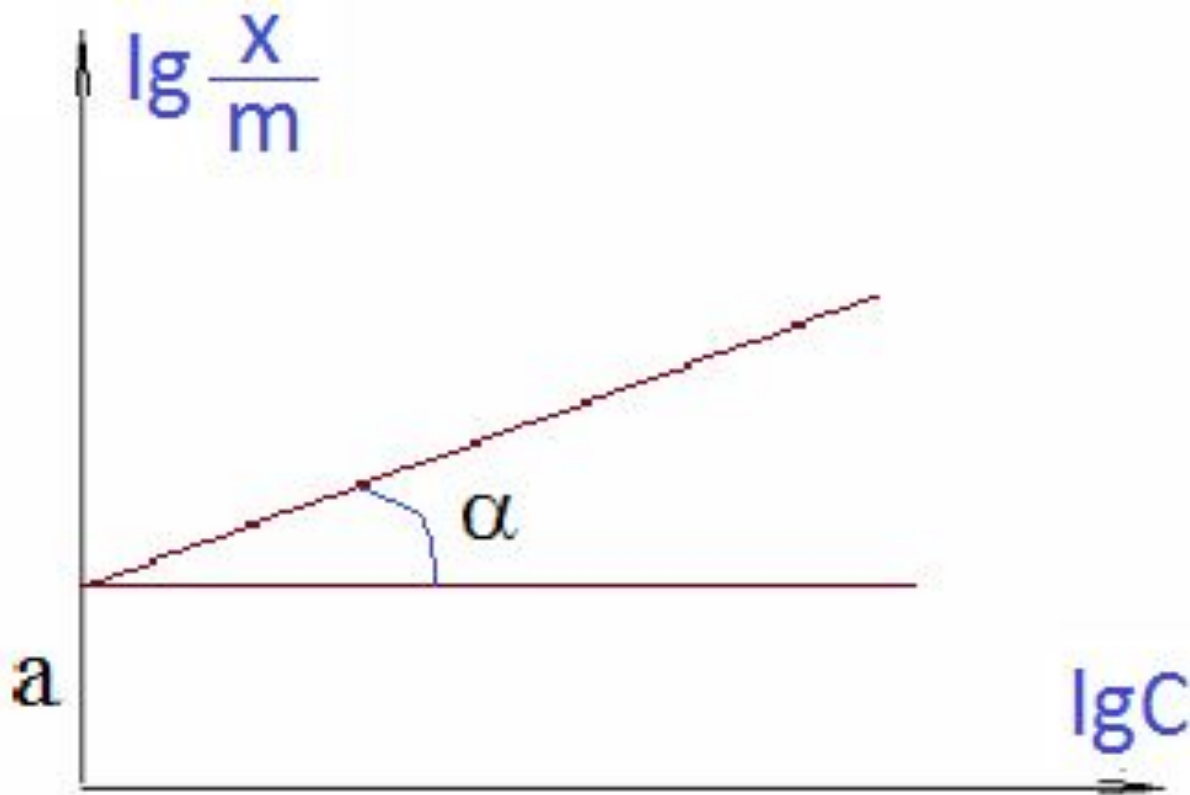
$$l = \frac{\Gamma_{\max} \cdot M}{\rho}$$

Адсорбция на твердых сорбентах

Уравнение Фрейндлиха

$$A = \frac{x}{m} = k \cdot C^{1/n}, \quad n = 0,1 \div 1;$$

$$[A] = [\text{моль}/\text{г}]; \quad \lg \frac{x}{m} = \lg k + \frac{1}{n} \lg C$$



$$a = \lg k$$

$$\frac{1}{n} = \operatorname{tg} \alpha$$

$$A = \frac{(C_o - C) \cdot V}{m} \quad \left[\frac{\text{моль}}{\text{г}} \right]$$

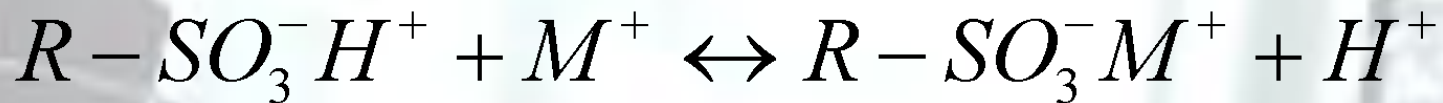
Правило Шилова:

чем лучше вещество растворяется в данном растворителе, тем хуже оно из него адсорбируется.



Правило Панета-Фаянса:

**из всех ионов в растворе
в первую очередь
адсорбируются те, которые
входят в состав сорбента, или
имеют с ним общие группы.**



на катионите



на анионите



Обменная емкость ионита - ммоль ионов
на 1 г сухого и 1 мл набухшего ионита

Адсорбция лежит в основе важнейших биологических процессов:

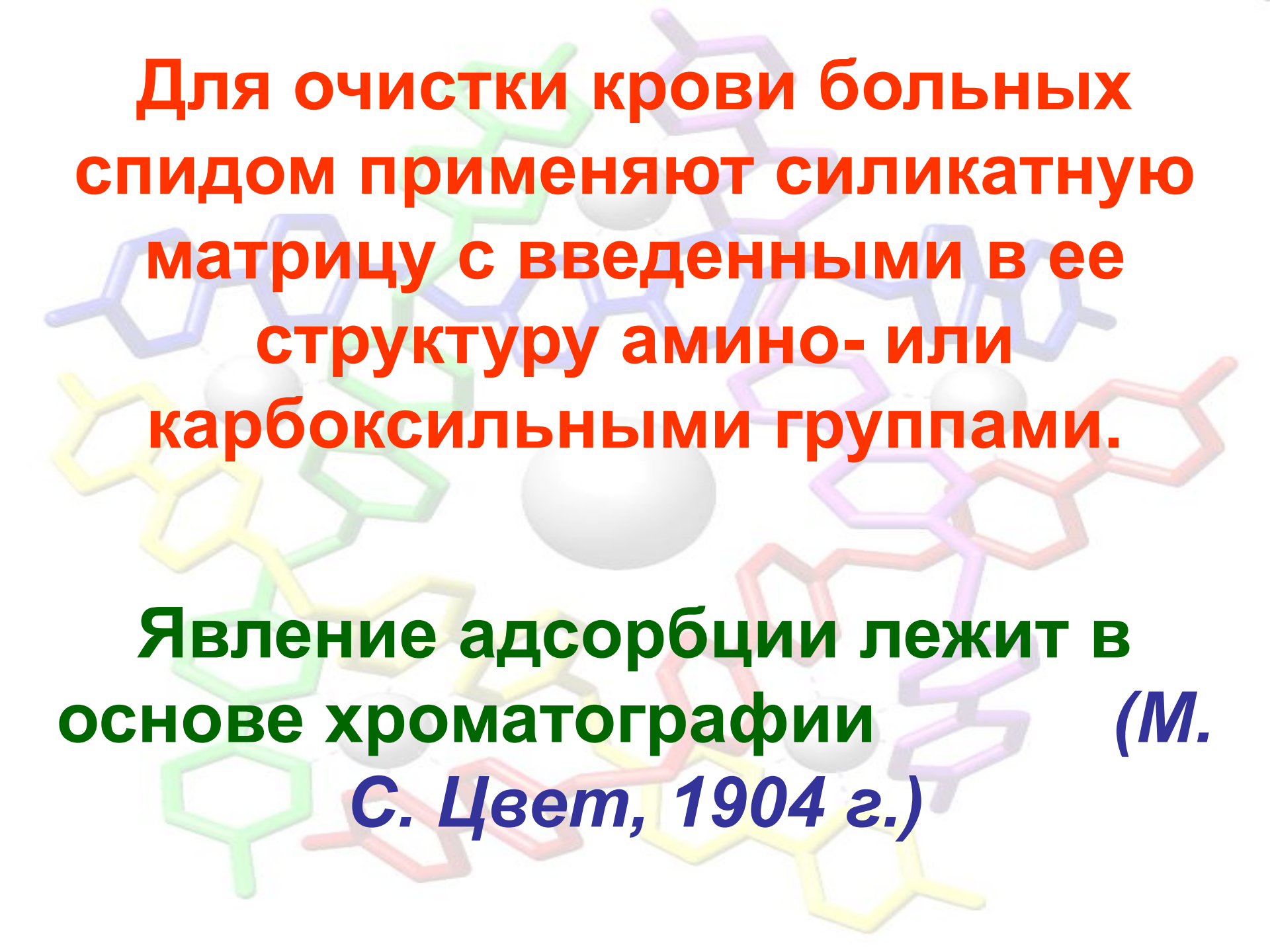
- 1) с адсорбции начинается поглощение различных веществ клетками и тканями организма**
- 2) взаимодействие ферментов с субстратами для протекания ферментативных реакций**
- 3) адсорбция является основным физико-химическим механизмом работы иммунной системы (образование комплекса «антиген-антитело»)**

Адсорбция лежит в основе важнейших биологических процессов:

- 4) удаление из крови различных токсических веществ, вирусов, бактерий (гемосорбция)**
- 5) удаление токсинов из ЖКТ (альмагель, фосфолюгель и др.)**
- 6) ПАВ вводится в лекарственные препараты для улучшения всасывания (конферон)**

Типы сорбентов, использующихся для удаления различных веществ

Вещество	Сорбент
Фенол, гепарин	Аниониты с четвертичными и фосфониевыми основаниями
Билирубин	Активные угли
Креатинин	Алюмосиликаты
Холестерин	Макропористые и биоспецифические сорбенты



**Для очистки крови больных
спидом применяют силикатную
матрицу с введенными в ее
структуру amino- или
карбоксильными группами.**

**Явление адсорбции лежит в
основе хроматографии** (M.
С. Цвет, 1904 г.)

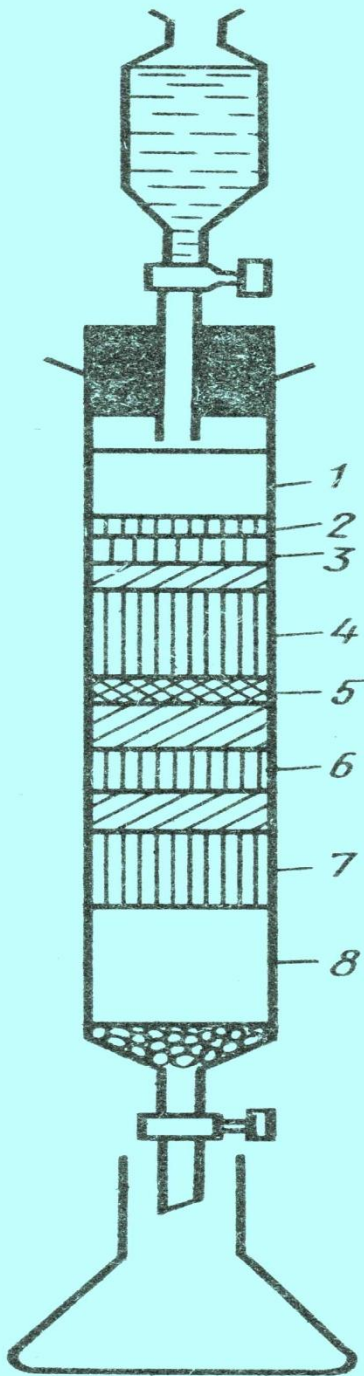
Хроматография – область науки,
изучающая процессы,
основанные на перемещении
зоны вещества вдоль слоя
сорбента в потоке подвижной
фазы и связанные с
многократным повторением
сорбционных и десорбционных
актов

«Хроматография – цветозапись» 1903 г. М.С. Цвет



г. Воронеж. Экскурсия у могилы основателя хроматографии М.С. Цвета

Эксперимент М.С. Цвета по разделению хлорофилла (адсорбент CaCO_3)



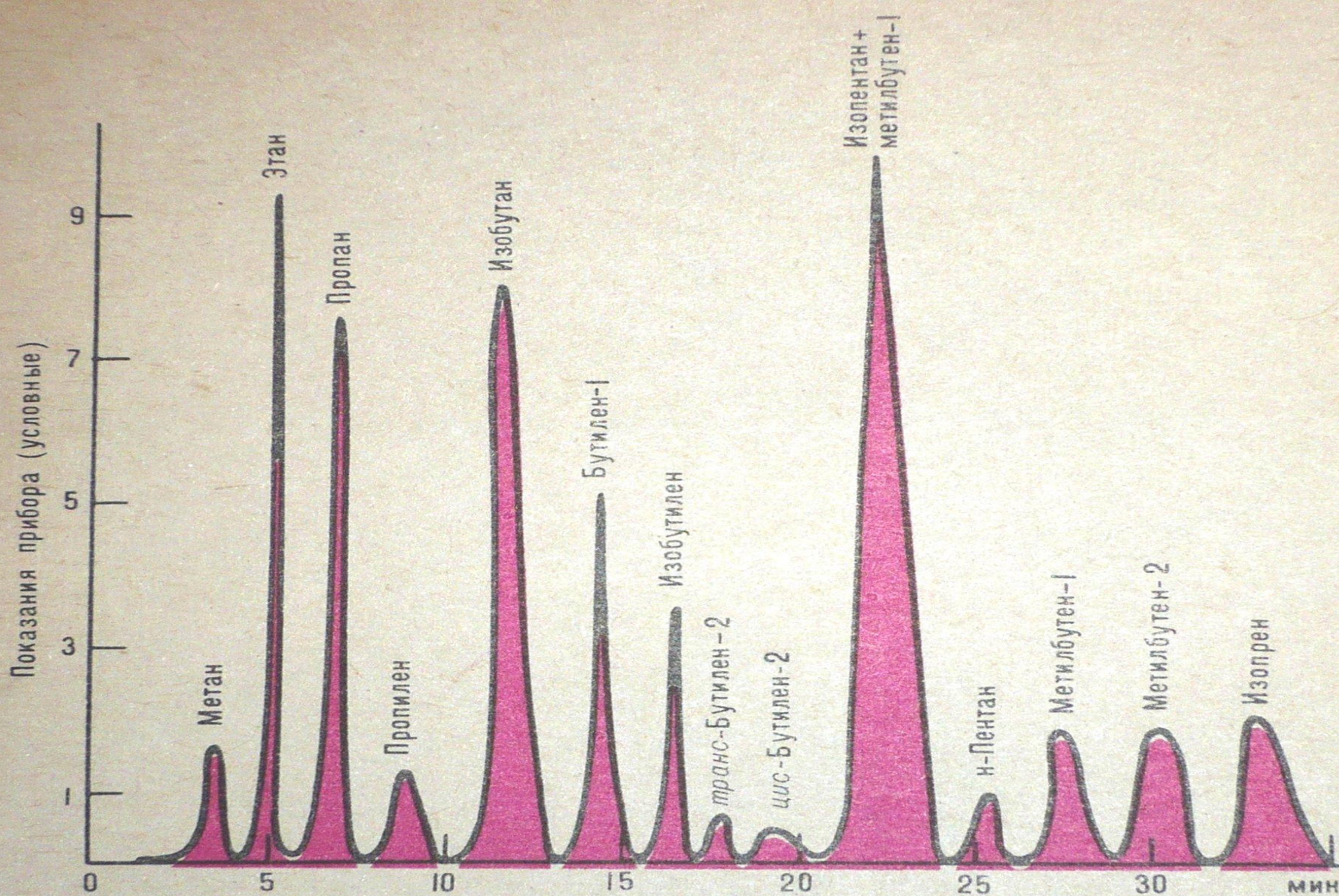
- 1 – бесцветная зона (коллоидные примеси)**
- 2 – желтая зона (ксантофилл β)**
- 3 – желто-зеленая зона (хлорофиллин β)**
- 4 – Зелено-синяя зона (хлорофиллин α)**
- 5 – желтая зона (ксантофилл)**
- 6 – желтая зона (ксантофилл α)**
- 7 – желтая зона (ксантофилл α)**
- 8 – серо-стальная зона (хлорофиллин)**

**Подвижная фаза (ПФ) – газ
или жидкость.**

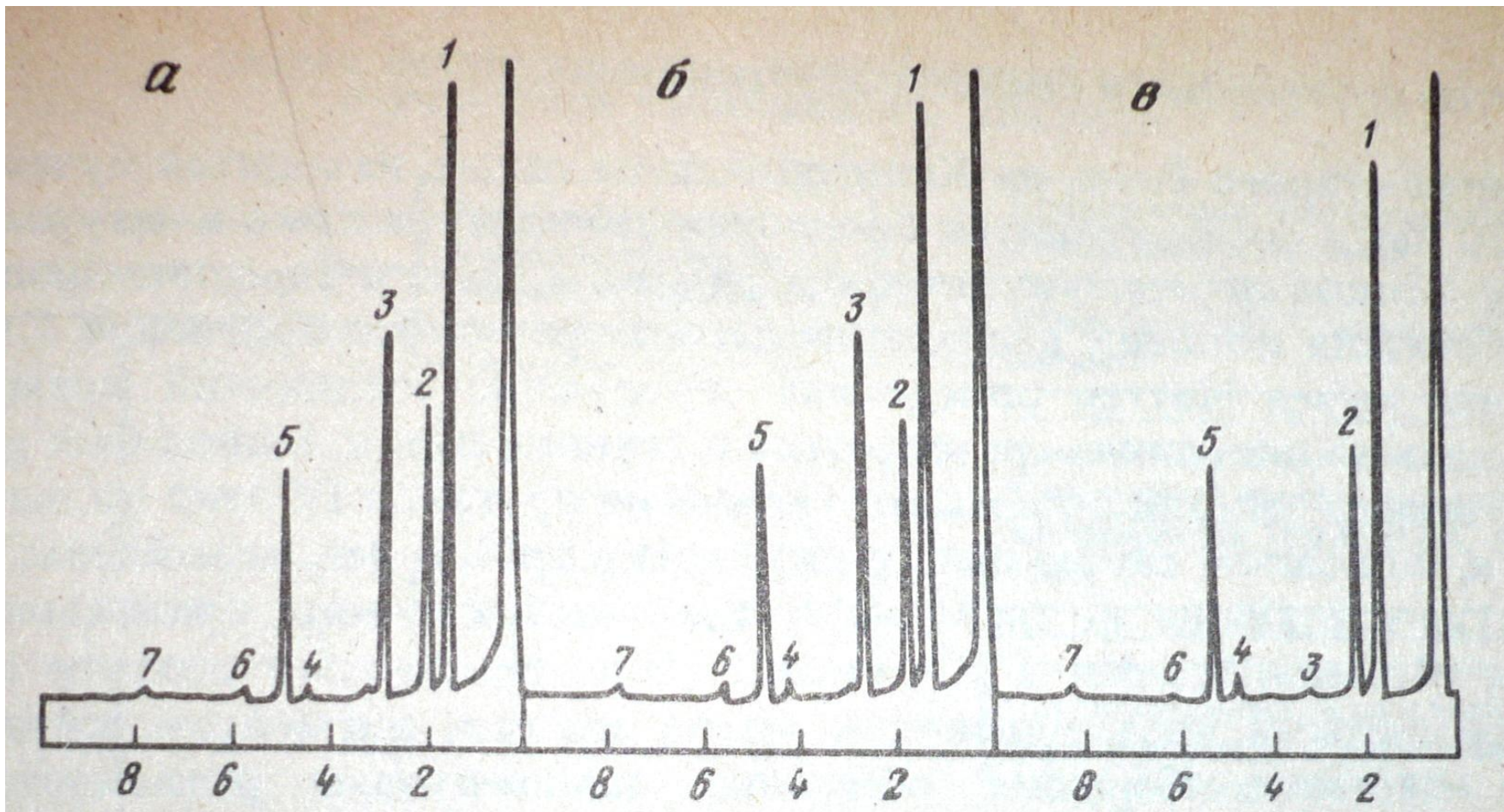
**Неподвижная фаза
(стационарная фаза) (НФ) –
твердое тело, жидкость
(сорбент).**

Необходимые условия:

1. Наличие ПФ и НФ.
2. Многократные повторения актов сорбции и десорбции.
3. Равновесие «сорбция \leftrightarrow десорбция» должно устанавливаться быстро



Выходные кривые разделения сложной газовой смеси на хроматографе (газовая хроматография)
(от метана до изопрена)



Хроматограмма образцов героина

а- и б- идентичные образцы, в- другой источник приобретения

1 – кофеин,

2 – фенobarбитон,

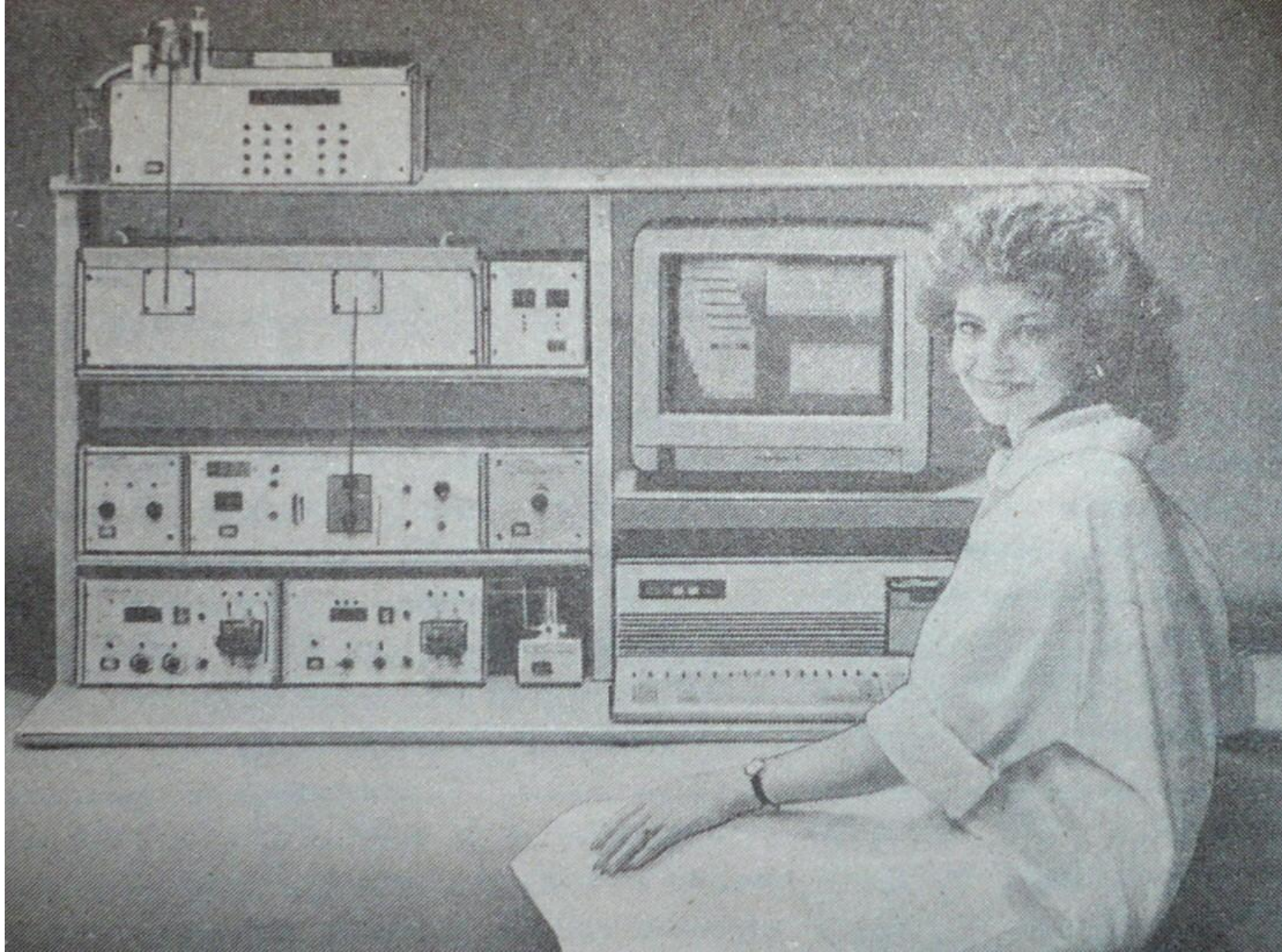
3 – метаквалон,

4 – ацетилморфин,

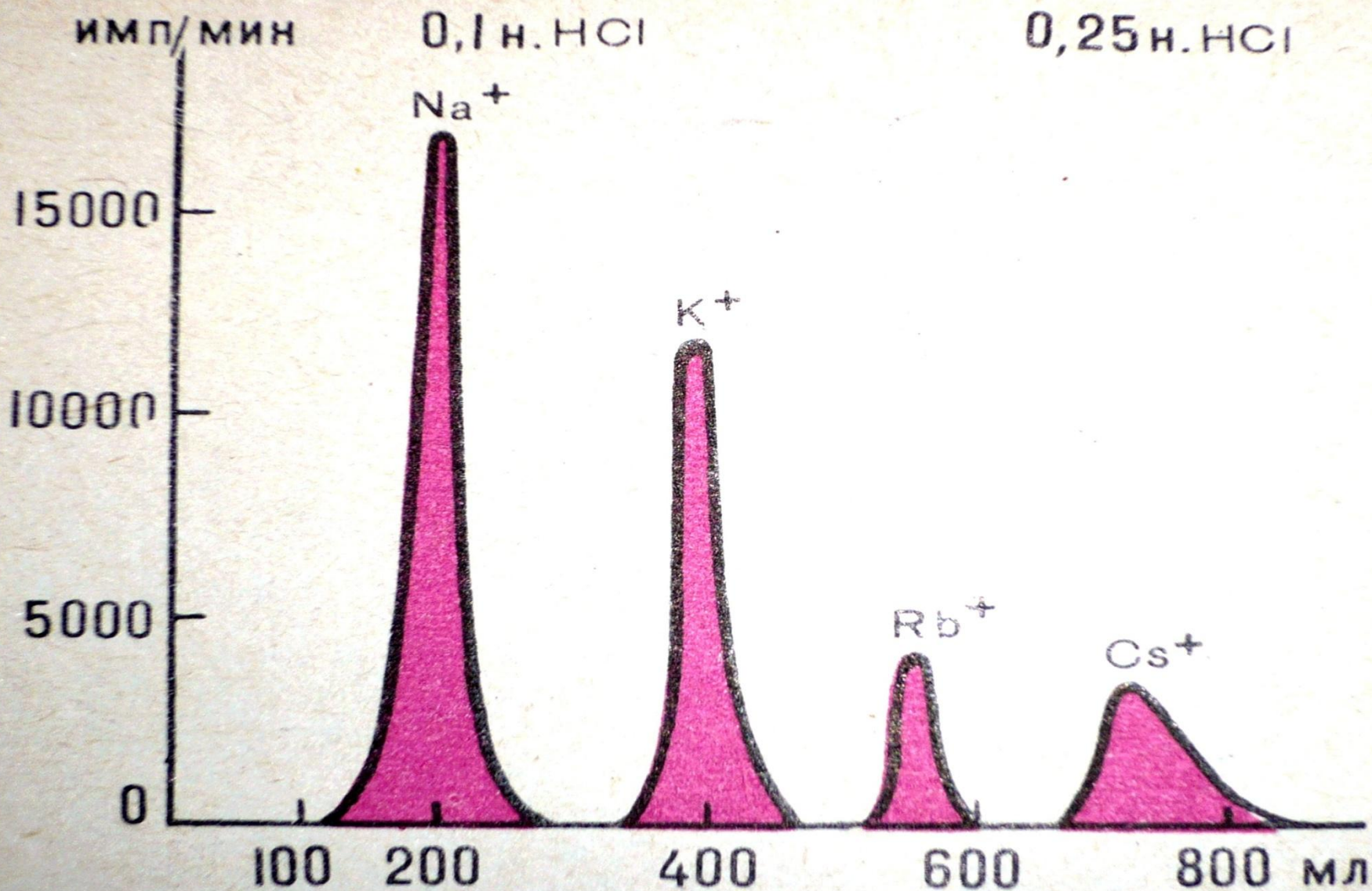
5 – деаморфин,

6 – папаверин,

7 - наркотин



**Жидкостный хроматограф фирмы «Кнауэр»
(Германия)**



Кривая элюирования смеси щелочных металлов

(метод ионообменной хроматографии – элюент 0,25 н HCl)

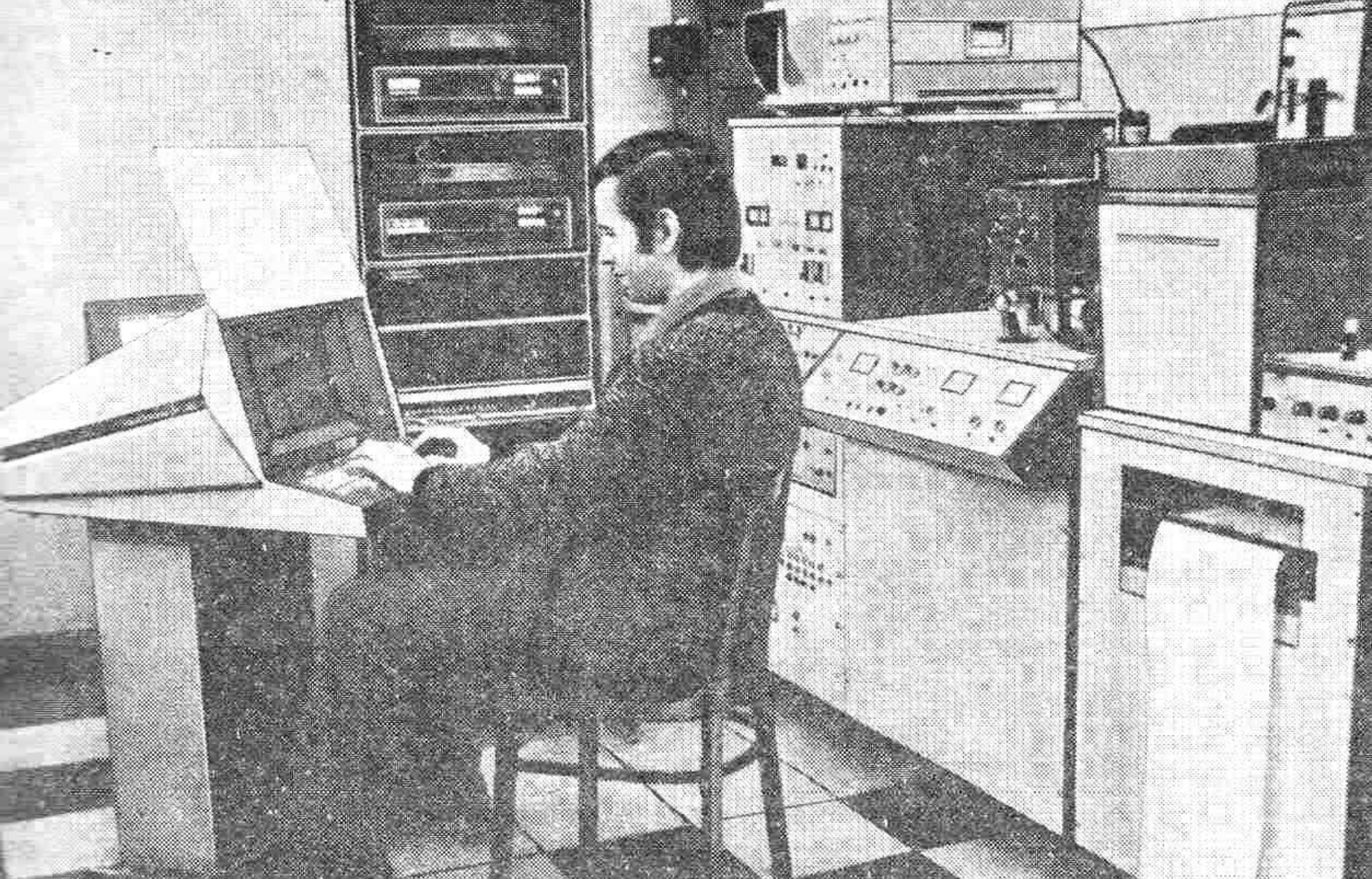


Ионный хроматограф «Цвет – 3006» (СССР)

Техника бумажной хроматографии схожа с техникой ТСХ



Нисходящая
бумажная
хроматография



Хромато-масс-спектрометрия – один из наиболее чувствительных методов определения органических соединений