


# Полициклические ароматические углеводороды

Нафталин, Антрацен, Фенантрен

# Что такое полициклические ароматические углеводороды?

### Строение

Органические соединения из двух и более конденсированных бензольных колец

### Электронная система

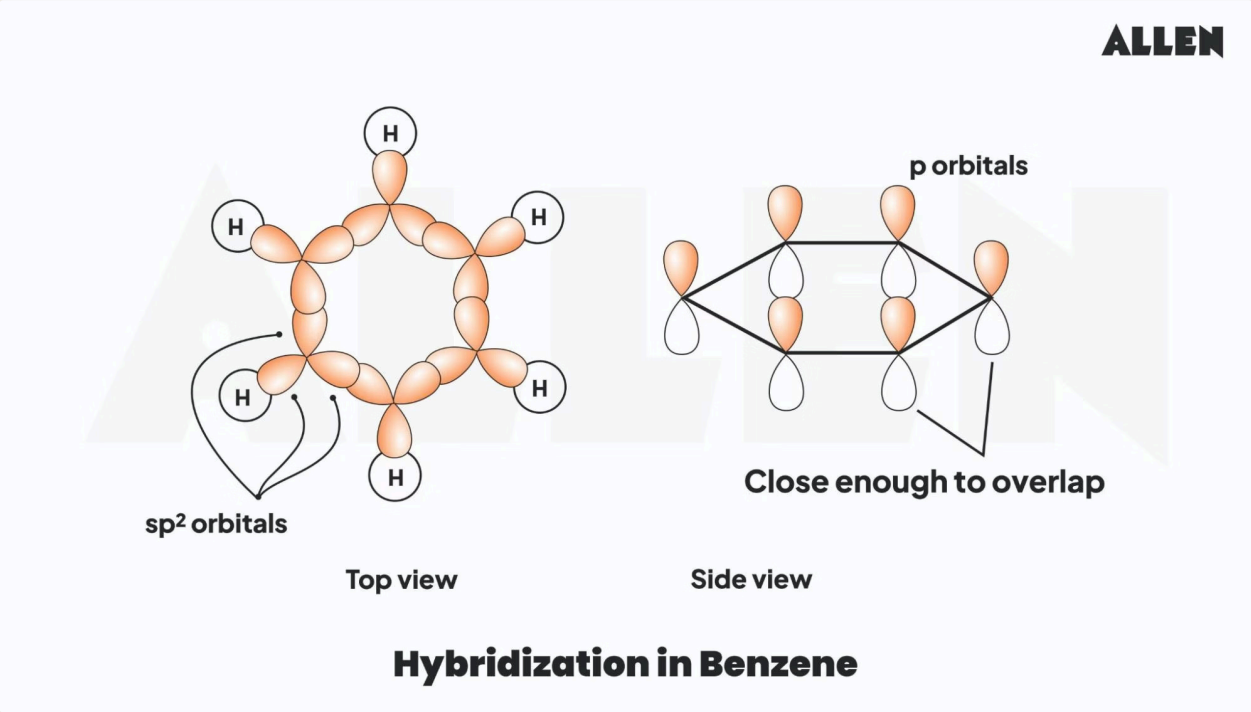
Особая устойчивая π-электронная система делокализованных электронов

### Значение

Важны в органической химии, экологии и промышленном производстве

ПАУ представляют собой класс соединений, которые играют ключевую роль в современной химии и требуют особого внимания из-за их влияния на окружающую среду.

# Структура бензола — основа ароматичности




## Ключевые особенности:

- $sp^2$-гибридизация атомов углерода
- Делокализованная π-система из 6 электронов
- Плоская структура молекулы
- Высокая устойчивость к реакциям присоединения

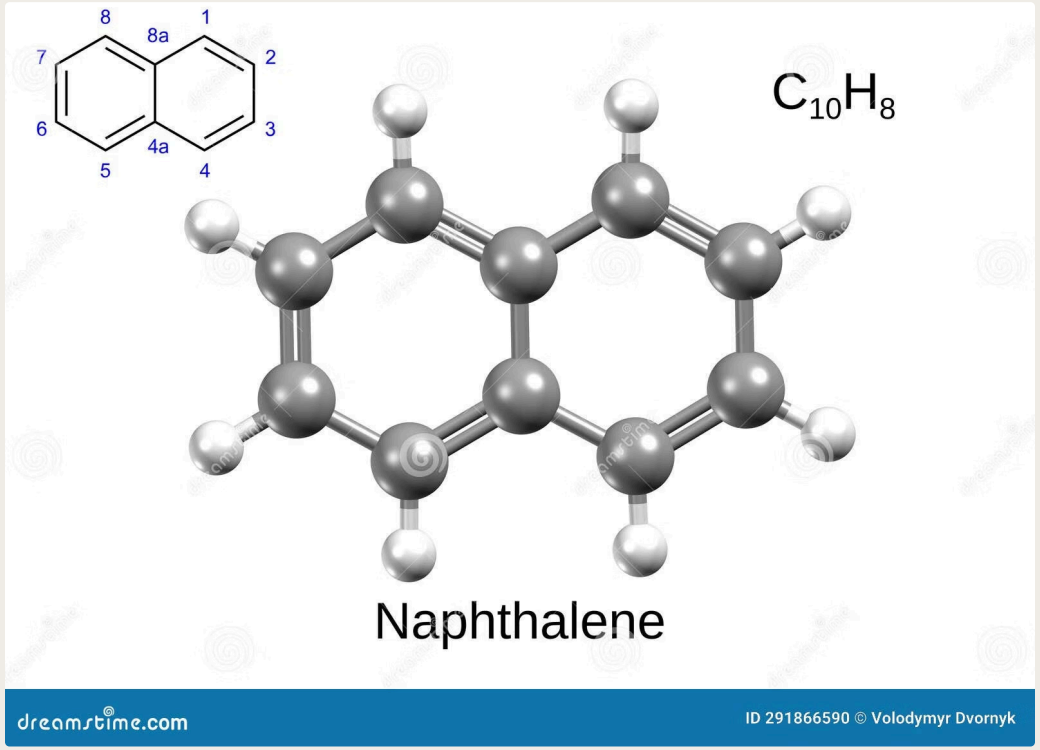
# Нафталин: простейший ПАУ

## Молекулярная формула

$$C_{10}H_8$$

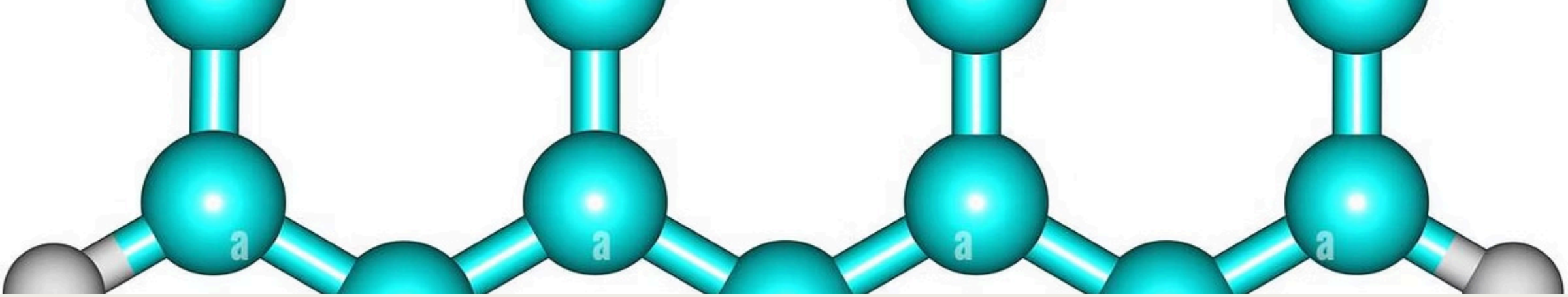
### Физические свойства:

- Белые кристаллы
- Характерный резкий запах
- Температура плавления: 80°C
- Летуч при комнатной температуре




## Применение:

Производство инсектицидов, растворителей, промежуточных продуктов органического синтеза



# Антрацен: линейная структура

### Структура

Три линейно конденсированных бензольных кольца

$$C_{14}H_{10}$$

### Свойства

Голубая флуоресценция при УФ-облучении, более реакционноспособен чем нафталин

### Применение

Органическая электроника (OLED-дисплеи), синтез красителей и пластмасс

# Фенантрен: угловая конфигурация

## Молекулярная формула

$$C_{14}H_{10}$$

Изомер антрацена с угловым расположением колец

## Отличия от антрацена

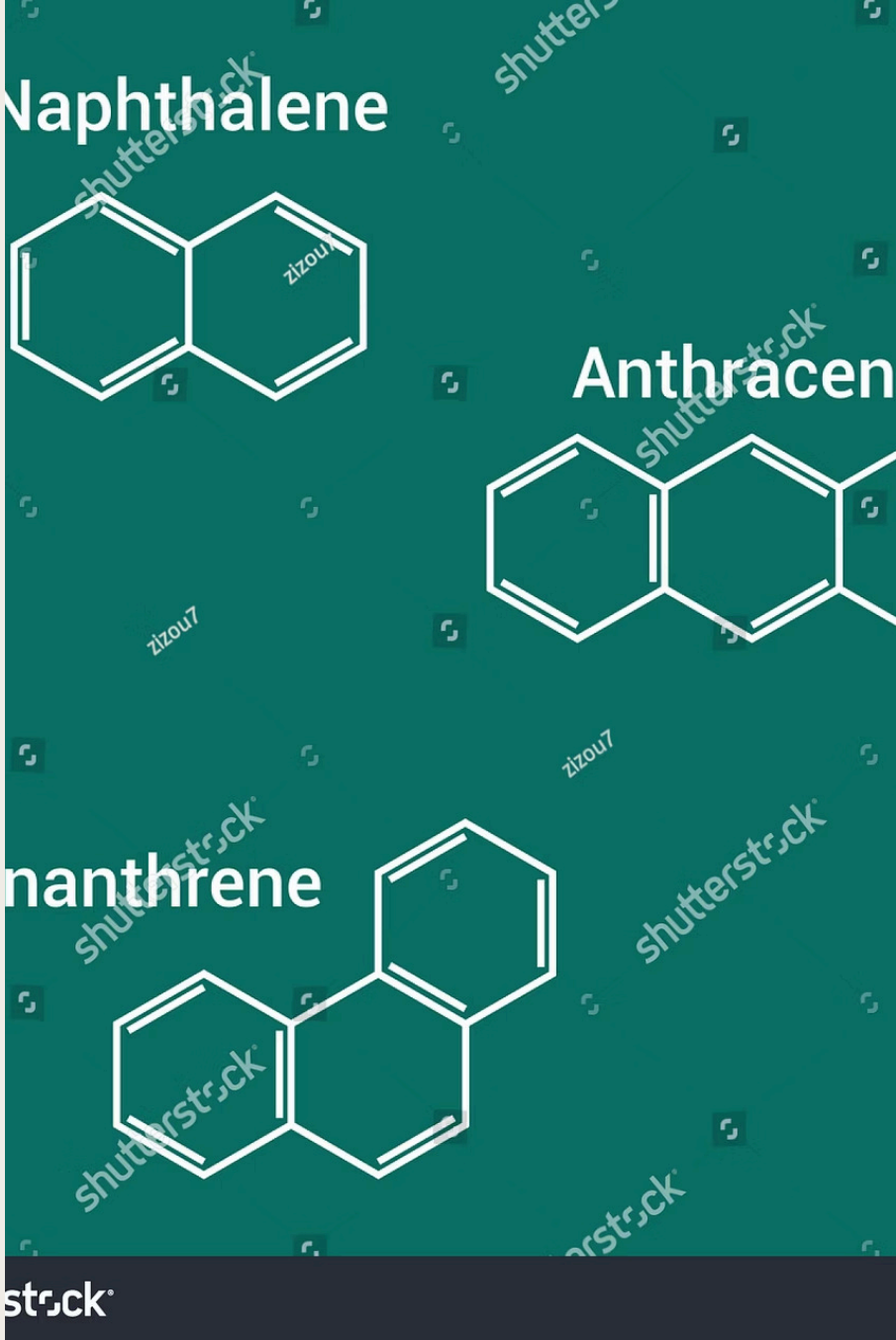
Форма молекулы влияет на химическую активность и физические свойства

## Промышленное значение

Синтез пластмасс, красителей и фармацевтических препаратов

# Сравнение структур ПАУ

| Нафталин | Антрацен | Фенантрен |
| --- | --- | --- |
| 2 кольца | 3 кольца (линейно) | 3 кольца (угловое) |
| $C_{10}H_8$ | $C_{14}H_{10}$ | $C_{14}H_{10}$ |



# Ароматичность и устойчивость ПАУ

## Правило Хюккеля

$$4n + 2 = \text{число } \pi\text{-электронов}$$

где n = 0, 1, 2, 3...

### Делокализация электронов

π-электроны распределены по всей системе колец

### Стабильность молекул

Высокая энергия резонанса придаёт устойчивость

### Реакционная способность

Преимущественно реакции замещения, а не присоединения



# Химические реакции ПАУ

01

## Электрофильное замещение

Нитрование, галогенирование, сульфирование — атака электрофильными частицами

02

## Гидрирование

Присоединение водорода под давлением с катализатором, превращение в циклоалканы

03

## Окисление

Образование кислородсодержащих производных — хинонов, фенолов, кислот

# Экологическая опасность ПАУ

## Источники образования:

- Неполное сгорание топлива
- Лесные пожары
- Промышленные выбросы
- Табачный дым
- Выхлопные газы

## Биологическая активность:

> **Многие ПАУ — канцерогены и мутагены**

Бензо[a]пирен — один из сильнейших канцерогенов, повреждающий ДНК клеток. Накапливается в организме и окружающей среде.

Контроль выбросов ПАУ критически важен для защиты здоровья населения и экосистем.

# Источники загрязнения атмосферы ПАУ

**16**

**Приоритетных ПАУ**

Определены EPA как наиболее опасные загрязнители

**90%**

**Из атмосферы**

Доля ПАУ, попадающих в окружающую среду через воздух

**200+**

**Видов ПАУ**

Обнаружено в различных объектах окружающей среды

# Применение ПАУ в промышленности



## Красители и пигменты

Синтез ализарина, индиго и других органических красителей на основе антрацена и фенантрена



## Органическая электроника

Антрацен в производстве OLED-дисплеев и органических полупроводников



## Фармацевтика

Промежуточные продукты для синтеза лекарственных препаратов



## Растворители

Нафталин и его производные в химической промышленности

# Безопасность при работе с ПАУ

### ⚠️ Токсичность

ПАУ обладают канцерогенными и мутагенными свойствами, требуют строгого соблюдения мер предосторожности

### 🛡️ Индивидуальная защита

Обязательное использование перчаток, респираторов, защитных очков и халатов при работе

### 💨 Вентиляция

Работа только в вытяжных шкафах с эффективной системой удаления паров и аэрозолей

### 📊 Мониторинг

Регулярный контроль концентраций ПАУ на рабочих местах и в окружающей среде

# Итоги изученного материала



## Структура ПАУ

Уникальный класс ароматических углеводородов с конденсированными бензольными кольцами



## Три представителя

Нафталин (2 кольца), антрацен (3 линейно), фенантрен (3 угловое) — разная конденсация



## Широкое применение

Влияние на химию, промышленное производство и экологическое состояние планеты

> Понимание свойств и поведения ПАУ необходимо для развития современных технологий и защиты окружающей среды

# Вопросы для обсуждения

## 1 Сравнительный анализ

Сравните строение и химические свойства нафталина, антрацена и фенантрена. Как структура влияет на реакционную способность?

## 2 Исследование окружающей среды

Найдите примеры присутствия ПАУ в вашем регионе и промышленных производствах

## 3 Домашнее задание

Подготовьте краткий доклад о вреде ПАУ для здоровья человека и способах защиты от воздействия этих веществ

