



# ЗАДАНИЕ 25

## *теория-шпаргалка*

Полимеры, химическое производство,  
лабораторное оборудование и применение  
веществ. Компактный справочник под  
формулировки 25-й линии ЕГЭ по химии.



**Ш и р о к о п о я с С . И .**

2 0 2 5 — 2 0 2 6

**@SSSHIROKO**

# Полимеры

**ВМС** — высокомолекулярные соединения; вещества с молекулярной массой более 10 000. Практически все ВМС — полимеры. Получают двумя путями: **полимеризацией** (по C=C) и **поликонденсацией** (с побочным выделением низкомолекулярного вещества, чаще всего H<sub>2</sub>O).

*Базовая логика: дано одно из трёх — мономер, звено или название — нужно найти оставшиеся.*

## СВОДНАЯ ТАБЛИЦА: МОНОМЕР → ЗВЕНО → ПОЛИМЕР

МОНОМЕР	СТРУКТУРНОЕ ЗВЕНО	ПОЛИМЕР
Этен (этилен) CH <sub>2</sub> =CH <sub>2</sub>	(-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -) <sub>n</sub>	полиэтилен
Пропен (пропилен) CH <sub>2</sub> =CH(CH <sub>3</sub> )	(-CH <sub>2</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-) <sub>n</sub>	полипропилен
Стирол (винилбензол) C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -CH=CH <sub>2</sub>	(-CH <sub>2</sub> -CH(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> )-) <sub>n</sub>	полистирол
Хлорэтен (винилхлорид) CH <sub>2</sub> =CHCl	(-CH <sub>2</sub> -CHCl-) <sub>n</sub>	поливинилхлорид (ПВХ)
Тetraфторэтилен CF <sub>2</sub> =CF <sub>2</sub>	(-CF <sub>2</sub> -CF <sub>2</sub> -) <sub>n</sub>	тефлон (политетрафторэтилен)
Бутадиен-1,3 (дивинил) CH <sub>2</sub> =CH-CH=CH <sub>2</sub>	(-CH <sub>2</sub> -CH=CH-CH <sub>2</sub> -) <sub>n</sub>	бутадиеновый каучук
Изопрен CH <sub>2</sub> =C(CH <sub>3</sub> )-CH=CH <sub>2</sub>	(-CH <sub>2</sub> -C(CH <sub>3</sub> )=CH-CH <sub>2</sub> -) <sub>n</sub>	изопреновый каучук (натур./синт.)
Хлоропрен CH <sub>2</sub> =CCl-CH=CH <sub>2</sub>	(-CH <sub>2</sub> -CCl=CH-CH <sub>2</sub> -) <sub>n</sub>	хлоропреновый каучук
6-аминогексановая кислота NH <sub>2</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -COOH	(-NH-(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -CO-) <sub>n</sub>	капрон
Глюкоза C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	(C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> ) <sub>n</sub>	крахмал, целлюлоза
Аминокислоты	пептидная цепь -NH-CHR-CO-	белок (полипептид)

**Опорные приёмы для распознавания звена.** (1) В звене кратная связь мономера превратилась в одинарную, концы соединились — кроме диенов (там в звене остаётся одна C=C посередине). (2) Заместитель X у винильных мономеров CH<sub>2</sub>=CH-X переходит в звено в виде -CH<sub>2</sub>-CH(X)-. (3) Если звено содержит -NH-...-CO-, это поликонденсация (капрон/белок), а не полимеризация.

# Полимеры

## РЕАКЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ: ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ VS ПОЛИКОНДЕНСАЦИЯ

### Полимеризация

Идёт по  $C=C$  (или  $C=C-C=C$ ). **Без побочных низкомолекулярных продуктов.** Примеры: этен → полиэтилен; пропен → полипропилен; стирол → полистирол; винилхлорид → ПВХ; тетрафторэтилен → тефлон; диены (бутадиен, изопрен, хлоропрен) → соответствующие каучуки.

### Поликонденсация

Мономеры с функциональными группами ( $-OH$ ,  $-COOH$ ,  $-NH_2$ ). **Побочно образуется низкомолекулярное вещество (чаще всего  $H_2O$ ).** Примеры: 6-аминогексановая кислота → капрон +  $H_2O$ ; глюкоза → крахмал/целлюлоза +  $H_2O$ ; фенол + формальдегид → фенолформальдегидная смола +  $H_2O$ ; аминокислоты → белок +  $H_2O$ ; терефталевая кислота + этиленгликоль → лавсан +  $H_2O$ .

**Часто встречающиеся соответствия.** Целлюлоза → глюкоза = гидролиз. Каучук → резина = вулканизация (нагревание с серой). Натрий,  $NaOH$  = электролиз. Резина = вулканизация. Каучук = полимеризация. Фенолформальдегидная смола = (со)поликонденсация.

## КАУЧУКИ И РЕЗИНА

- ♦ Бутадиеновый и хлоропреновый каучуки — **только синтетические.**
- ♦ Изопреновый каучук бывает **и натуральный, и синтетический** (натуральный — из сока гевеи; синтетический — марки СКИ-3, СКИ-3С и др.).
- ♦ Резина = каучук + сера → вулканизация (полисульфидные «мостики» сшивают цепи).

# В о л о к н а

Ключевая дилемма: «искусственное» vs «синтетическое» — путать нельзя.

ТИП	ЧТО ОТНОСИТСЯ
Природные растительные	хлопок, лён
Природные животные	шерсть, шёлк (натуральный)
Природные минеральные	асбест
Искусственные (хим. обработка природных полимеров)	вискоза, ацетатный шёлк (он же ацетатное волокно, триацетат целлюлозы)
Синтетические (поликонденсация / полимеризация)	капрон, нейлон, лавсан

**Запоминалка.** Если в основе уже существующий природный полимер (целлюлоза), но его химически обработали — *искусственное* (вискоза, ацетатный шёлк). Если полимер собран «с нуля» из мономеров на заводе — *синтетическое* (капрон, нейлон, лавсан). ДНК, крахмал, белок — *природные* (биополимеры).

## Ш а б л о н ы : з в е н о

---

Быстрая навигация по визуальным «маркерам» в формуле полимера или его структурного звена.

- ◆ ...содержит  $C_6H_5$  (фенил) → **полистирол**.
- ◆ ...содержит  $CF_2$  → **тефлон**.
- ◆ ...содержит  $-NH-...-CO-$  → **капрон** (или белок).
- ◆ ...содержит  $-CHCl-$  (без двойной связи) → **ПВХ**.
- ◆ ...имеет в звене двойную связь и метильную группу → **изопреновый каучук**.
- ◆ ...имеет в звене двойную связь и  $Cl$  у атома  $C$  → **хлоропrenoвый каучук**.
- ◆ ...просто  $-CH_2-CH_2-$  → **полиэтилен**;  $-CH_2-CH(CH_3)-$  → **полипропилен**.

Копояс

# Производство

## ПРОИЗВОДСТВО СЕРНОЙ КИСЛОТЫ $H_2SO_4$ (3 СТАДИИ)

- ◆ **Сырьё:** S,  $H_2S$ ,  $FeS_2$  (пирит, он же железный/серный колчедан), сульфиды некоторых d-металлов.
- ◆ **Стадия 1 — обжиг пирита** в «кипящем слое» в печи для обжига:  $4FeS_2 + 11O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 8SO_2\uparrow + Q$ . Очистка  $SO_2$ : циклон → электрофильтр → сушильная башня (осушитель — концентрированная  $H_2SO_4$ , противоток).
- ◆ **Стадия 2 — окисление  $SO_2 \rightarrow SO_3$**  в контактном аппарате на катализаторе  $V_2O_5$ :  $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + Q$ . Выход повышают высоким давлением.
- ◆ **Стадия 3 — поглощение  $SO_3$**  в поглотительной башне **концентрированной  $H_2SO_4$**  (не водой). Образуется олеум; кислоту нужной концентрации получают, добавляя олеум в воду.

## ПРОИЗВОДСТВО АММИАКА $NH_3$

$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + Q$  (катализатор,  $t^\circ$ , p). **Аппарат — колонна синтеза.** Циркуляция непрореагировавшей смеси, теплообмен в холодильнике, отделение жидкого  $NH_3$  в сепараторе, сжатие смеси в компрессоре (турбокомпрессоре).

## ПРОИЗВОДСТВО МЕТАНОЛА $CH_3OH$

$CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_3OH + Q$  (катализатор,  $t^\circ$ , p) — **из синтез-газа.** Реакция: обратимая, каталитическая, экзотермическая, идёт с уменьшением объёма газов. Технологические приёмы — те же, что у синтеза аммиака: катализатор, теплообмен, высокое давление, высокая температура, циркуляция.

## СВОДКА « ВЕЩЕСТВО → СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ »

ВЕЩЕСТВО	СПОСОБ ПРОМЫШЛЕННОГО ПОЛУЧЕНИЯ
Метан	выделяют из природного газа (основной компонент)
Пропан	содержится в попутном нефтяном газе
Этилен	крекинг нефти (алкан → алкан + алкен)
Бензол, толуол	ароматизация (риформинг) нефтяных фракций; тримеризация ацетилен; коксование каменного угля
Ацетилен	пиролиз метана ( $2CH_4 \rightarrow C_2H_2 + 3H_2$ )
Метанол	из синтез-газа ( $CO + 2H_2$ )
Уксусная кислота	окисление бутана
Глицерин	гидролиз жиров
Полиэтилен, ПВХ, полистирол, тефлон, каучуки	полимеризация непредельных мономеров
Резина	вулканизация каучука
Фенолформальдегидная смола, капрон, лавсан, белки	(со)поликонденсация

## Производство

ВЕЩЕСТВО	СПОСОБ ПРОМЫШЛЕННОГО ПОЛУЧЕНИЯ
Натрий	электролиз расплава NaCl
NaOH, Cl <sub>2</sub>	электролиз раствора NaCl
Керосин, мазут, бензин	перегонка (ректификация) нефти
Аммиачная вода, кокс, каменноугольная смола, коксовый газ	коксование каменного угля

**Аммиачная вода** — это фракция коксования каменного угля. Несмотря на название, кроме NH<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>O содержит фенол, H<sub>2</sub>S и др. Кокс — практически чистый углерод, его потом используют при выплавке чугуна. Каменноугольная смола — источник аренов и фенолов.

Копояс

## Ш а б л о н ы : с п о с о б ы

---

Если в условии встречается такой способ получения — какой продукт ожидать.

- ◆ «крекинг нефти» → **этилен** (и алканы более низкой молекулярной массы).
- ◆ «ректификация / перегонка нефти» → **керосин, бензин, лигроин, дизель, мазут.**
- ◆ «коксование угля» → **кокс, аммиачная вода, каменноугольная смола, коксовый газ.**
- ◆ «из синтез-газа» → **метанол.**
- ◆ «ароматизация / риформинг» → **бензол, толуол, гомологи бензола.**
- ◆ «тримеризация ацетилен» → **бензол.**
- ◆ «пиролиз метана» → **ацетилен.**
- ◆ «гидролиз жиров» → **глицерин** (и соли карбоновых кислот / сами кислоты).
- ◆ «окисление бутана» → **уксусная кислота.**
- ◆ «окисление кумола» → **фенол** (+ ацетон).
- ◆ «электролиз» → **Na, Al, NaOH, Cl<sub>2</sub>.**
- ◆ «вулканизация» → **резина** из каучука.

КОПОЯС

## Т е с т о в ы е   в о п р о с ы

---

*Тезисная подборка по тестовым вопросам с выбором одного варианта.*

- ◆ **Продукты обжига пирита:**  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{SO}_2$ .
- ◆ **Наибольшую экологическую опасность:** свинцовый блеск  $\text{PbS}$  (двойная нагрузка — выброс  $\text{SO}_2$  и токсичность свинца).
- ◆ **Повышение выхода аммиака в промышленности:** циркуляция азотно-водородной смеси (плюс высокое давление).
- ◆ **Для метанола из синтез-газа НЕ характерно:** использование низких давлений (нужны как раз высокие).
- ◆ **В производстве  $\text{H}_2\text{SO}_4$  НЕ используется реакция:**  $\text{CS}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{CO}_2$  (сероуглерод не входит в технологическую цепочку  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).
- ◆ **Реакция  $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$ :** обратимая, каталитическая, экзотермическая.
- ◆ **Что НЕ является сырьём для  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :**  $\text{CS}_2$ . Сырьё —  $\text{S}$ ,  $\text{FeS}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , сульфиды некоторых d-металлов.
- ◆ **Окисление  $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3$ , выход повышают:** повышая концентрацию  $\text{O}_2$  и проводя процесс при высоком давлении.
- ◆ **Метод «кипящего слоя»:** обжиг колчедана (пирита).
- ◆ **Поглощение  $\text{SO}_3$ :** концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (не водой).
- ◆ **Скорость обжига пирита:** повышают, обогащая воздух кислородом.
- ◆ **Синтез аммиака:** в присутствии катализатора (плюс высокое давление и температура  $\approx 450\text{--}500\text{ }^\circ\text{C}$ ).

# А п п а р а т ы

АППАРАТ	ПРОЦЕСС
Ректификационная колонна	перегонка нефти, разделение на фракции (бензин, лигроин, керосин, дизель, мазут)
Печь для обжига	обжиг пирита/колчедана (метод «кипящего слоя»)
Циклон	грубая очистка газов от пыли (от частиц огарка $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )
Электрофильтр	тонкая очистка газов от пыли
Сушильная башня	осушка газа ( $\text{SO}_2$ ) концентрированной $\text{H}_2\text{SO}_4$ , принцип противотока
Контактный аппарат	окисление $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3$ на $\text{V}_2\text{O}_5$
Поглотительная башня	поглощение $\text{SO}_3$ концентрированной $\text{H}_2\text{SO}_4$ , образование олеума
Колонна синтеза	получение аммиака ( $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ ) или метанола ( $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$ )
Компрессор / турбокомпрессор	сжатие газовой смеси
Холодильник	теплообмен, охлаждение газовой смеси
Сепаратор	отделение жидкости от газа (например, жидкого $\text{NH}_3$ )
Электролизёр	получение Na, Al, NaOH, $\text{Cl}_2$ , $\text{H}_2$ электролизом
Доменная печь	выплавка чугуна (восстановление $\text{Fe}_2\text{O}_3$ коксом)

**Лайфхак для распознавания.** «Алюминий», «натрий», «NaOH» → почти всегда *электролизёр*. «Аммиак», «метанол» → *колонна синтеза*. «Перегонка нефти», «керосин», «бензин» → *ректификационная колонна*. «Окисление  $\text{SO}_2$ », «контакт» → *контактный аппарат*. «Сжатие газа» → *компрессор*. «Очистка от пыли» → *циклон / электрофильтр*.

# Лаборатория

ОБОРУДОВАНИЕ	ПРИМЕНЕНИЕ
Лабораторный штатив	закрепление пробирок, колб, фарфоровых чашек
Круглодонная колба	перегонка веществ, в т.ч. под вакуумом
Коническая колба (Эрленмейера)	перемешивание жидкостей; хранение растворов
Плоскодонная колба	хранение жидких веществ и растворов
Мензурка / мерный стакан / мерный цилиндр	измерение объёма жидкости (мерный цилиндр — самый точный)
Пипетка с делениями	набор небольшого объёма жидкости
Стеклянная палочка	перемешивание жидкостей
Металлический шпатель	взятие небольших порций сыпучих веществ
Ложечка для сжигания веществ	сжигание твёрдых веществ (сера, фосфор и т.п.)
Ступка с пестиком	измельчение твёрдых веществ
Фарфоровая чашка	выпаривание / упаривание растворов; нагревание
Тигель	прокаливание твёрдых веществ
Спиртовка	нагревание пробирок и колб
Асбестированная сетка	равномерный нагрев плоскодонной посуды пламенем
Делительная воронка	разделение несмешивающихся жидкостей (после отстаивания)
Фильтровальная воронка + бумажный фильтр	отделение осадка от раствора
Нисходящий холодильник	конденсация паров при дистилляции (перегонке)
Обратный холодильник	конденсация паров при кипячении органических жидкостей (возврат в колбу)
Ртутный термометр	измерение температуры
Пробирка	проведение реакций между небольшими порциями веществ

# Разделение смесей

## ТИП СМЕСИ РЕШАЕТ МЕТОД

- ◆ **Гетерогенные** (видна граница между компонентами): суспензия (тв.+ж.), эмульсия (ж.+ж.), смеси порошков, дым.
- ◆ **Гомогенные** (границы не видно даже под микроскопом): истинные растворы (соль в воде, спирт в воде), сплавы, газовые смеси.

## КАКОЙ МЕТОД ПОДХОДИТ

СМЕСЬ	СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ
Подсолнечное масло и вода (две несмешивающиеся жидкости)	отстаивание + делительная воронка
Нефть и вода	отстаивание + делительная воронка
Вода и речной песок	фильтрование (или отстаивание)
Алюминиевые и железные опилки	действие магнитом (магнитная сепарация)
Древесные и железные опилки	действие магнитом
Поваренная соль и вода (раствор)	выпаривание (если нужна соль) или перегонка (если нужна вода)
Смесь двух жидкостей с разными ткип.	перегонка (дистилляция / ректификация)
Йод с примесями	возгонка (сублимация)

**Хитрая пара: «соль и вода».** Если нужно *получить соль* — выпаривание. Если нужно *получить чистую воду* — перегонка. В формулировках с «поваренной солью и водой» обычно ожидается «выпаривание».

# Применение

## НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

ВЕЩЕСТВО	ПРИМЕНЕНИЕ
Аммиак $\text{NH}_3$	производство удобрений; производство азотной кислоты
Азот $\text{N}_2$	производство аммиака; инертная среда
Азотная кислота $\text{HNO}_3$	производство нитросоединений (взрывчатых веществ), удобрений
Серная кислота $\text{H}_2\text{SO}_4$	производство удобрений
Фосфорная кислота $\text{H}_3\text{PO}_4$	пищевая добавка; производство удобрений
Озон $\text{O}_3$	водоочистка и дезинфекция
Хлор $\text{Cl}_2$	водоочистка
Угарный газ $\text{CO}$	производство метанола
Водород $\text{H}_2$	реагент при производстве метанола и аммиака
Пероксид водорода $\text{H}_2\text{O}_2$	обработка ран; отбеливатель; осветление волос
Нитрат аммония $\text{NH}_4\text{NO}_3$	удобрение
Карбамид (мочевина) $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	удобрение
Суперфосфат, двойной суперфосфат	удобрение
Нитрат калия $\text{KNO}_3$	удобрение
Гидрофосфат / фосфат кальция	удобрение
Хлорид натрия $\text{NaCl}$	пищевой продукт
Стеарат, пальмитат натрия	твёрдое мыло; мытьё рук, стирка белья
Стеарат, пальмитат калия	жидкое мыло, поверхностно-активное вещество
Гидрокарбонат натрия $\text{NaHCO}_3$	разрыхлитель теста; чистящее средство
Гипохлорит натрия $\text{NaClO}$	отбеливатель; дезинфицирующее средство
Сода $\text{Na}_2\text{CO}_3$	изготовление стекла
Сульфат меди(II) $\text{CuSO}_4$	средство защиты растений
Сульфат алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	водоподготовка
Оксид кремния $\text{SiO}_2$	производство стекла, керамики
Оксид алюминия $\text{Al}_2\text{O}_3$	жаропрочные материалы
Оксид железа(III) $\text{Fe}_2\text{O}_3$	выплавка чугуна (сырьё)
Хлорид кальция $\text{CaCl}_2$	антигололёдный реагент
Перманганат калия $\text{KMnO}_4$	дезинфицирующее средство

# Применение

ВЕЩЕСТВО	ПРИМЕНЕНИЕ
Оксид ванадия(V) $V_2O_5$	катализатор (производство $H_2SO_4$ )
Медь Cu	электропровода
Алюминий Al	сплавы для самолётостроения
Сера S	производство резины (вулканизация)
Йод $I_2$	антисептик
Пирит $FeS_2$	сырьё для производства $H_2SO_4$
Кокс C	выплавка чугуна (восстановитель)
Активированный уголь	адсорбент в фильтрах для воды
Хлорат калия $KClO_3$	производство спичек

## ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

ВЕЩЕСТВО	ПРИМЕНЕНИЕ
Метан $CH_4$	бытовое топливо
Пропан, бутан	бытовое и автомобильное топливо
Ацетилен $C_2H_2$	газовая сварка металлов; получение винилхлорида
Этилен (этен)	получение полиэтилена (ВМС); получение этанола
Пропен	получение полипропилена (ВМС)
Изопрен, бутадиен-1,3, хлоропрен	производство каучуков
Бензол $C_6H_6$	растворитель; получение анилина, стирола
Кумол (изопропилбензол)	получение фенола (кумольный метод)
Этилацетат, ацетон, толуол, хлороформ, тетрахлорид углерода	растворители
Этанол $C_2H_5OH$	растворитель; горючее
Этиленгликоль	в составе антифриза
Глицерин	косметика, пищевая и парфюмерная промышленность
Метаналь (формальдегид)	получение фенолформальдегидной смолы (ВМС)
Уксусная кислота $CH_3COOH$	консервант (пищевая промышленность)
Бензойная кислота, бензоат натрия	консервант в пищевой промышленности
Лимонная кислота	удаление накипи; пищевая промышленность
Анилин $C_6H_5NH_2$	производство красителей и лекарств
Глицин (аминоуксусная кислота)	лекарственный препарат

## Применение

ВЕЩЕСТВО	ПРИМЕНЕНИЕ
Тринитротолуол (тротил)	взрывчатое вещество
Тринитроглицерин	лекарственное средство; производство взрывчатых веществ (динамит)
Целлюлоза	производство бумаги
Триацетат целлюлозы (ацетатный шёлк)	искусственный шёлк (искусственное волокно)
Капрон, вискоза	текстильная промышленность
Полиэтилен, полипропилен	упаковочная плёнка, пластмассы

**Множество веществ-растворителей.** В органике как «растворитель» проходят сразу: **этанол, ацетон, этилацетат, толуол, бензол, хлороформ, тетрахлорид углерода**. Этиленгликоль — НЕ растворитель, а компонент антифриза.

**Типичные ловушки в применении.** Активированный уголь — *поглотитель примесей в фильтрах* (адсорбент), а не «нерастворимое в воде вещество». Гидрокарбонат натрия — *разрыхлитель теста и чистящее средство*. Уксусная кислота — *консервант* в пищевой промышленности. Этанол — *растворитель и горючее*. Перекись водорода — *обработка ран и осветление волос*. Стеарат/ пальмитат натрия — *мыло, мытьё рук, стирка*.

**Главное по 25-й линии.** Уверенно решаются **все задачи блока**, если помнить три ключевых развилки: *полимеризация vs поликонденсация* (есть ли побочный  $H_2O$ ), *искусственное vs синтетическое волокно* (был ли изначально природный полимер), *выпаривание vs перегонка* для соляного раствора (что именно нужно — соль или воду). Большинство ошибок — на этих трёх стыках, остальное закрывается таблицами.