

**Спецификация**  
**экзаменационных материалов для проведения**  
**теоретической части предпрофессионального экзамена**  
**для обучающихся инженерных классов,**  
**выбравших химико-технологическое направление**

**1. Назначение экзаменационных материалов**

Материалы теоретической части предпрофессионального экзамена предназначены для оценки уровня теоретической подготовки выпускников инженерных классов, выбравших химико-технологическое направление.

**2. Условия проведения теоретической части экзаменационной работы**

Теоретическая часть предпрофессионального экзамена проводится в форме компьютерного тестирования.

При проведении работы обеспечивается строгое соблюдение порядка организации и проведения экзамена.

При выполнении работы используются:

- Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева;
- таблица физических величин.

Во время выполнения работы разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

**3. Продолжительность выполнения теоретической части экзаменационной работы**

На выполнение теоретической части экзаменационной работы отводится **90 минут**. В процессе выполнения заданий предусмотрено **две** автоматические паузы продолжительностью по **5 минут** в соответствии с санитарно-эпидемиологическими требованиями к условиям и организации обучения в общеобразовательных организациях.

**4. Содержание и структура экзаменационной работы**

Задания экзаменационной работы разработаны преподавателями организаций высшего образования, участвующих в проекте «Инженерный класс в московской школе».

Индивидуальный вариант участника формируется автоматизированно во время проведения теоретической части экзамена из базы проверочных заданий.

В работе используются задания:

- с выбором одного или двух ответов из нескольких предложенных;
- с кратким ответом.

Экзаменационная работа состоит из трёх частей. Часть 1 – инвариантная: включает текст и три задания, которые позволяют проверить умение работать с явно заданной

информацией. Части 2 и 3 – вариативные: содержат по шесть заданий, из которых участнику необходимо выбрать не более четырёх в каждой части. Выбор более четырёх заданий в частях 2 и 3 не допускается.

Задания части 2 позволяют проверить фундаментальные знания по профильным предметам и универсальные умения. Задания части 3 проверяют специальные знания и умения решать задачи по химии, физике, биологии, в том числе задачи на анализ статистических данных.

Задание считается выбранным, если на него дан ответ. Экзаменуемый может изменить свой выбор в процессе выполнения работы путём удаления ответа к одному заданию и сохранения ответа к другому заданию.

Для получения максимального балла на теоретической части экзамена необходимо правильно выполнить 11 из 15 заданий: три задания части 1, четыре задания части 2, четыре задания части 3.

## **5. Система оценивания отдельных частей и работы в целом**

Задание считается выполненным, если ответ обучающегося совпал с эталоном. Максимальный балл за выполнение заданий:

- часть 1 – 4 балла;
- часть 2 – 8 баллов;
- часть 3 – 8 баллов.

Первичный максимальный балл за выполнение всей работы – 20 баллов.

Перевод из первичных баллов в тестовый осуществляется по линейной форме. Линейный коэффициент перевода: 2.

**Приложение 1** «Обобщенный план теоретической части предпрофессионального экзамена для обучающихся инженерных классов, выбравших химико-технологическое направление».

**Приложение 2** «Демонстрационный вариант теоретической части предпрофессионального экзамена для обучающихся инженерных классов, выбравших химико-технологическое направление».

**Обобщенный план теоретической части предпрофессионального экзамена  
для обучающихся инженерных классов,  
выбравших химико-технологическое направление**

№	Тип задания	Предмет	Проверяемые умения
<b>Часть 1</b>			
1	КО	Текст	Работать с информацией, представленной в тексте, решать задачи
2	ВО		
3	КО		
<b>Часть 2</b>			
4	КО	Математика	Решать задачи на смеси, сплавы, растворы и концентрации веществ в них
5	КО	Физическая химия	Решать задачи (кинетика химических реакций; химическое равновесие)
6	КО	Химия	Решать задачи (растворы: массовая доля, молярная концентрация)
7	КО	Химия	Решать задачи (расчёты по молям + выход)
8	КО	Физика	Решать задачи с использованием графической информации (газовые законы; термодинамика)
9	ВО	Биология	Анализировать текстовую информацию (влияние химических веществ на организм (анатомия человека, экология))
<b>Часть 3</b>			
10	КО	Физическая химия	Решать задачи (промышленные технологии производства материалов и веществ)
11	КО	Химия, физика	Умение оперировать формулами, решать задачи (термодинамика (теплота образования, вычисление теплоты реакции); теплота)
12	КО	Химия, физика	Решать задачи (электролиз; закон Фарадея)
13	КО	Химия	Решать задачи (промышленный органический синтез и полимерные материалы)
14	ВО	Химия, биология	Решать задачи (молекулярная биология; биологически активные вещества; фармакология)
15	КО	Биология, статистика	Решать задачи на анализ статистических данных (так или иначе связанных с процессами жизнедеятельности человека)

\* ВО – задание с выбором ответа, КО – задание с кратким ответом.

**Демонстрационный вариант  
теоретической части предпрофессионального экзамена  
для обучающихся инженерных классов,  
выбравших химико-технологическое направление**

**Часть 1**

Прочитайте текст и, используя представленную информацию, выполните задания 1–3.

**Промышленная переработка нефти**

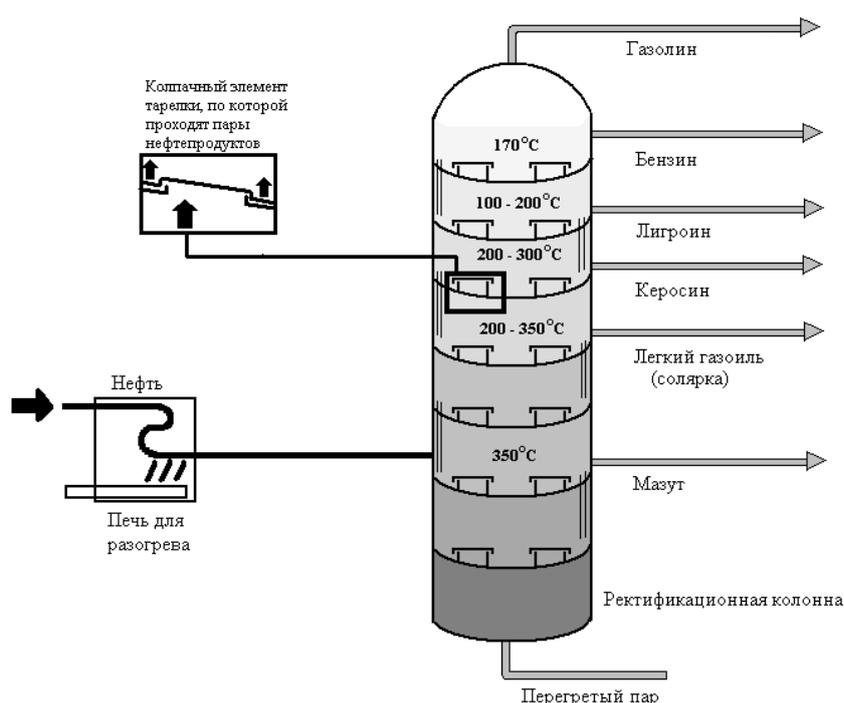
Нефть представляет собой смесь тысяч различных веществ. Промышленная переработка нефти на современных нефтеперерабатывающих заводах осуществляется путём сложных многоступенчатых процессов на крупнотоннажных технологических установках.

Основные технологические процессы переработки нефтяного сырья:

1. Первичная переработка – очистка сырой нефти от примесей, атмосферное и вакуумное фракционирование, очистка некоторых фракций от примесей серы.

2. Вторичная переработка – термические и каталитические процессы.

При первичной переработке происходят физические процессы, с помощью которых достигается разделение нефти на составляющие компоненты без химических превращений, или удаление из фракций остатков нефти нежелательных химических компонентов. Одним из методов первичной переработки является перегонка.



**Рис. 1.** Ректификационная колонна для первичной переработки нефти

При вторичной переработке протекают химические процессы, осуществляемые путём химических превращений с получением новых продуктов, не содержащихся в исходном сырье.

Ко вторичным процессам переработки относятся:

1. **Термический крекинг** – высокотемпературная переработка (нагревание без доступа воздуха) углеводородов с целью получения, как правило, продуктов с меньшей молекулярной массой. Выход бензина из нефти увеличивается путем расщепления углеводородов с длинной цепью, содержащихся, например, в мазуте, на углеводороды с меньшей относительной молекулярной массой. При высоких температурах крупные молекулы углеводородов расщепляются на более мелкие, дающие высококачественное топливо. Подвергать глубокой термической обработке можно не только топливные фракции нефти, но и углеводороды типа газойлей, мазутов.

Различают неглубокий термический крекинг (висбрекинг) при температуре 480–490 °С и давлении 1,5–2,0 МПа для получения котельного топлива за счёт снижения вязкости исходного сырья (мазут, гудрон, полугудрон).

Глубокий термический крекинг при температурах 500–540 °С и давлении более 5,0 МПа применяется для получения бензина с лучшими антидетонационными характеристиками (крекинг-бензин) из бензино-лигроиновых и керосино-газойлевых фракций.

Высокотемпературный термический крекинг при температурах 580–600 °С и давлении 0,2–0,3 МПа применяется для получения бензина с более высоким октановым числом из керосино-газойлевых фракций.

2. **Пиролиз** используется для получения газообразных непредельных углеводородов, в основном этилена и пропилена. Проводят пиролиз при температурах 700–900 °С и давлении 1–1,2 МПа. При разгонке смолы пиролиза получают: легкое масло, сольвент, нафталиновое масло, зеленое масло, пек. Другим направлением пиролиза является получение сажи (так называемого углерода технического) при температурах 1200–2000 °С.

3. **Коксование** – высокотемпературный процесс получения высококачественного электродного или топливного кокса из нефтяных остатков. Это, как правило, пек, полученный после разгонки смолы пиролиза, мазут, гудрон, полугудрон. Коксование этих остатков проводят при температурах 490–520 °С и давлении 0,2–0,6 МПа.

Суть термokatалитических процессов состоит в облагораживании исходного топлива, т.е. в получении высокооктановых бензинов с лучшими качественными характеристиками, и сырья для нефтехимии. Проводят термokatалитические процессы при различных температурах и в присутствии катализаторов (алюмосиликатов).

4. **Каталитический крекинг** проводят при температурах 470–540 °С и давлении 0,13–0,15 МПа. Сырьём для каталитического крекинга являются широкие вакуумные фракции, т.е. дистилляты прямой перегонки (до 300–350 °С), керосино-соляровые фракции и др.

Продукт каталитического крекинга – это целевой высококачественный бензин с октановым числом по исследовательскому методу 90–92. Октановое число – показатель, который характеризует детонационную стойкость топлива, применяемого в карбюраторных двигателях внутреннего сгорания. Октановое число соответствует содержанию (в процентах по объёму) изооктана в эталонной смеси. За эталон взята смесь изооктана ( $\rho \approx 0,7$  г/мл) и н-гептана ( $\rho \approx 0,7$  г/мл). Кроме того, получают газ и легкий газойль – компонент дизельного топлива.

В среднем при каталитическом крекинге выход бензина составляет 50–55%, газа – около 5%, остаток – крекинг газойль (компоненты, добавляемые в дизельное топливо). Антидетонационные свойства бензина значительно выше, чем при термическом крекинге, так как в его составе содержится до 85–90% изопарафиновых и ароматических углеводородов. В бензинах каталитического крекинга содержится очень мало непредельных углеводородов, поэтому они очень стабильны.

**5. Каталитический риформинг** проводят при температурах 480–540 °С и давлении 0,7–1,5 или 2–4 МПа в зависимости от применяемого катализатора. Каталитический риформинг является неотъемлемым элементом нефтеперерабатывающего завода. Предназначен для получения бензина с высоким содержанием ароматических веществ, которые обладают высоким октановым числом. Сырьём являются бензиновые фракции широкого углеводородного состава. Продукты каталитического риформинга – целевое высококачественное топливо с октановым числом по исследовательскому методу около 100, а также индивидуальные ароматические углеводороды – бензол, толуол, ксилол, этилбензол. Риформинг проводят при температурах 470–520 °С на платинорениевом и при 480–530 °С на платиновом катализаторе.

В отечественной нефтеперерабатывающей промышленности риформинг занимает важное место и является основным способом производства высококачественных бензинов.

**6. Каталитическая изомеризация** также применяется для повышения октанового числа легких бензиновых фракций. Сырьём изомеризации являются легкие бензиновые фракции с пределом кипения 62 °С или 85 °С. Повышение октанового числа достигается за счёт увеличения доли изопарафинов. Процесс осуществляется в одном реакторе при температуре, в зависимости от применяемой технологии, 160–380 °С и давлении до 3,5 МПа.

Все эти продукты широко применяют как добавки к товарным бензинам.

Технологические показатели химических реакций:

- Выход продукта – это отношение количества вещества, образовавшегося в ходе реакции, к теоретически возможному количеству вещества.
- Селективность – это отношение массы целевого продукта к общей массе полученных продуктов.
- Конверсия – это отношение количества вещества, вступившего в реакцию, к его исходному количеству.

## Задания

1. Установите соответствие между процессом вторичной переработки и основным получаемым в этом процессе продуктом: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию из второго столбца, обозначенную цифрой.

Процесс	Получаемый продукт
А) каталитический риформинг	1) котельное топливо
Б) пиролиз	2) крекинг-бензин
В) висбрекинг	3) ароматические углеводороды
	4) циклогексан
	5) кокс
	6) непредельные углеводороды

	А	Б	В
<b>Ответ:</b>			

2. Сколько литров углекислого газа (н.у.) выделится при полном сгорании изооктана, выделенного из 0,5 л эталонной смеси, характеризующей бензин с октановым числом равным 92.

- 1) 126 л
- 2) 4 л
- 3) 506 л
- 4) 786 л

3. Выход продуктов пиролиза, таких как этилен и пропилен, соответственно составляет 35,6% (мас.) и 16,7% (мас.). Остальными продуктами можно пренебречь. Вычислите селективность пиролиза по этилену. В ответ запишите число, округлив его до целых.

## Часть 2

4. В руде содержится 10% целевых компонентов. При обогащении руды из неё удаляется 55% примесей, содержащих 5% от целевых компонентов. Каково процентное содержание целевых компонентов в обогащённой руде? Результат округлите до целого числа.

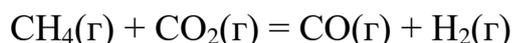
5. Для реакции в газовой фазе  $A = B + C$  рассчитывали константу скорости реакции при различных температурах.

$T, K$	775	800	820
$k, c$	1,12	3,10	6,55

Рассчитайте среднее значение энергии активации этой реакции. В ответ запишите число (в килоджоулях на моль).

6. Сколько миллилитров воды нужно добавить к 35 мл 2М раствора хлорида натрия, чтобы образовался физиологический раствор с концентрацией соли 9 г/л? В ответ запишите число, округлив его до целых. Принять плотность раствора равной 1 г/мл. ( $M(\text{NaCl}) = 58,5$  г/моль).

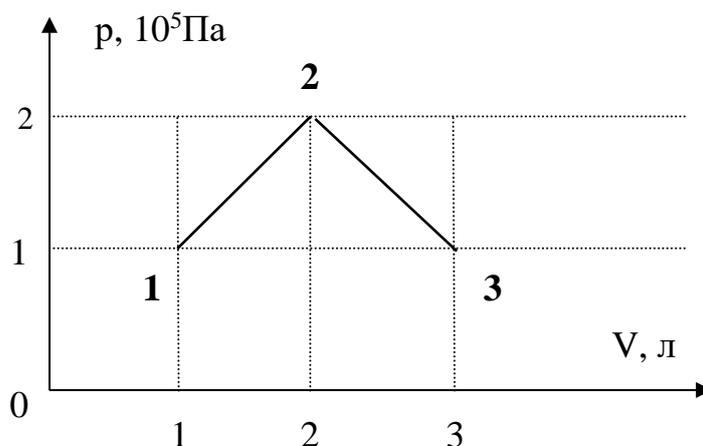
7. Рассчитайте количество углекислого газа, необходимого для получения 13,44 л водорода (н.у.) при конверсии метана по следующей схеме:



Выход продуктов реакции 50%.

В ответе укажите количество в молях с точностью до десятых.

8. На  $pV$ -диаграмме показан процесс 1–2–3 для газообразного неона. Какое количество теплоты получил неон в этом процессе? В ответ запишите число (в джоулях), округлив его до целых значений.



9. Ртуть (Hg, Hydrargyrum) – «жидкое серебро» (греч.) – необычный металл, жидкий при комнатной температуре, летучий и весьма токсичный для живых организмов. Из-за своей способности связываться с серосодержащими веществами ртуть способна накапливаться в организме. Выберите ошибочное утверждение о влиянии ртути на человеческий организм:

1) В клетках наблюдается неравномерное распределение ртути. Наибольшая концентрация зафиксирована в митохондриальной фракции.

2) При остром отравлении ртутными соединениями отмечаются характерный металлический вкус во рту, слюнотечение, боли в дёснах.

3) Метилированная форма ртути из-за большей растворимости в липидах быстрее проходит через биологические мембраны по сравнению с неорганической ртутью.

4) Ртуть относится к числу элементов, постоянно присутствующих в окружающей среде и живых организмах, в том числе и в организме человека.

### Часть 3

10. Минерал боксит служит основным сырьём для получения алюминия. Содержание глинозёма ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) в нём 60%. Рассчитайте, сколько килограммов алюминия можно получить электролитическим методом из 110 кг боксита, если выход составляет 95%. Ответ округлите до целого числа.

11. Вычислите теплоту образования анилина, исходя из того, что в результате полного сгорания 1 моль этого вещества выделяется 3396 кДж теплоты. Теплоты образования воды и углекислого газа равны 285,5 кДж/моль и 393,5 кДж/моль соответственно.

В ответ запишите число (в килоджоулях на моль), округлив его до целых.

12. В результате электролиза раствора медного купороса было получено 3,2 г металла. Определите продолжительность электролиза в секундах, если сила тока была равна 10 А. В ответ запишите число, округлив его до целых.

13. Салициловая кислота (2-гидроксibenзойная кислота) применяется в медицине как антисептическое и противовоспалительное средство. Основным промышленным способом её получения является способ Кольбе-Шмидта, который заключается в карбоксилировании (синтез с углекислым газом в автоклаве при повышенной температуре в течение 8–10 часов) фенолята натрия с последующей обработкой продукта соляной кислотой.

Вычислите, какая масса (в граммах) фенолята натрия потребуется для получения 20 г салициловой кислоты при синтезе по способу Кольбе-Шмидта, если её практический выход составил 85% от теоретически возможного. Ответ округлите до целого числа.

14. Энергетический обмен – это совокупность химических реакций постепенного распада органических соединений, сопровождающихся высвобождением энергии, часть которой расходуется на синтез АТФ. Расположите процессы энергетического обмена в порядке от распада органических веществ до простейших неорганических соединений:

1) Образование двух молекул пировиноградной кислоты и двух молекул АТФ.

2) Образование метаболической воды благодаря взаимодействию протонов водорода с кислородом. Использование энергии протонного градиента для фосфорилирования АДФ в АТФ.

3) Распад сложных органических соединений до более простых (в многоклеточных организмах осуществляется в желудочно-кишечном тракте с помощью пищеварительных ферментов).

4) Образование ацетилкофермента-А.

5) Транспорт электронов с помощью молекул-переносчиков к молекулярному кислороду.

15. Популяция из 100 бактерий начинает размножаться в чашке Петри. При этом каждые *три* бактерии за *один* день порождают на свет *две* бактерии. Независимо от этого, каждая бактерия *один* раз за день может породить другую бактерию. Однако в конце каждого дня в связи с недостатком ресурсов умирают *две* из *пяти* бактерий.

Важно, что не бывает частично живых бактерий. То есть частично рождённая бактерия – не рождена, а частично умершая – умерла.

Сколько бактерий будет в чашке Петри на начало пятого дня?

## Ответы

Номер задания	Правильный ответ	Максимальный балл
<b>Часть 1</b>		
1	3; 6; 2	2
2	506	1
3	68	1
Итого		<b>4</b>
<b>Часть 2</b>		
4	21	2
5	207	2
6	420	2
7	0,6	2
8	600	2
9	1	2
Итого		<b>8</b> (за 4 задания)
<b>Часть 3</b>		
10	33	2
11	36	2
12	965	2
13	20	2
14	31452	2
15	100	2
Итого		<b>8</b> (за 4 задания)
Максимальный первичный балл		<b>20</b>