# 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.

1. **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.

1. **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 cанитарно-эпидемиологическими требованиями к условиям и организации обучения в общеобразовательных организациях.

1. **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».

 **Приложение 1**

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

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№**  | **Тип задания**  | **Предмет**  | **Проверяемые умения**  |
|  |  |  | **Часть 1**  |
| 1  | КО  | Текст  | Работать с информацией, представленной в тексте, решать задачи  |
| 2  | ВО  |
| 3  | КО  |
|  |  |  | **Часть 2**  |
| 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)  |
|  |  |  | **Часть 3**  |
| 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.

 **Приложение 2**

# 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 оС 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 оС 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 оС и давлении 0,2–0,3 МПа применяется для получения бензина с более высоким октановым числом из керосино-газойлевых фракций.

1. **Пиролиз** используется для получения газообразных непредельных

углеводородов, в основном этилена и пропилена. Проводят пиролиз при температурах 700–900 оС 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 оС.

1. **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 оС и давлении 0,2–0,6 МПа.

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

1. **Каталитический крекинг** проводят при температурах 470–540 оС 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 (ρ ≈ 0,7 г/мл) и н-гептана (ρ ≈ 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.

1. **Каталитический риформинг** проводят при температурах 480–540 оС 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 оС на платинорениевом и при 480–530 оС на платиновом катализаторе.

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

1. **Каталитическая изомеризация** также применяется для повышения октанового числа легких бензиновых фракций. Сырьём изомеризации являются легкие бензиновые фракции с пределом кипения 62 °С или 85 °C. Повышение октанового числа достигается за счёт увеличения доли изопарафинов. Процесс осуществляется в одном реакторе при температуре, в зависимости от применяемой технологии, 160–380 °C 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
2. крекинг-бензин
3. ароматические углеводороды
4. циклогексан
5. кокс
6. непредельные углеводороды
 |
| Б) пиролиз  |
| В) висбрекинг  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|   | А  | Б  | В  |
| **Ответ:**  |   |   |   |

1. 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.
2. 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

1. 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.
2. Для реакции в газовой фазе *A* = *B* + *C* рассчитывали константу скорости реакции при различных температурах.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *T, K*  | 775  | 800  | 820  |
| *k, с*  | 1,12  | 3,10  | 6,55  |

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

1. 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. (М(NaCl) = 58,5 г/моль).
2. Рассчитайте количество углекислого газа, необходимого для получения 13,44 л водорода (н.у.) при конверсии метана по следующей схеме:

СН4(г) + СО2(г) = СО(г) + Н2(г)

 Выход продуктов реакции 50%. В ответе укажите количество в молях с точностью до десятых.

1. На *рV*-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.

р

, 10

5

Па

V,

л

0

1

2

1

2

3

**1**

**2**

**3**

1. 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:
2. В клетках наблюдается неравномерное распределение ртути. Наибольшая концентрация зафиксирована в митохондриальной фракции.
3. При остром отравлении ртутными соединениями отмечаются характерный металлический вкус во рту, слюнотечение, боли в дёснах.
4. Метилированная форма ртути из-за большей растворимости в липидах быстрее проходит через биологические мембраны по сравнению с неорганической ртутью.
5. Ртуть относится к числу элементов, постоянно присутствующих в окружающей среде и живых организмах, в том числе и в организме человека.

# Часть 3

1. Минерал боксит служит основным сырьём для получения алюминия. Содержание глинозёма (Al2O3) в нём 60%. Рассчитайте, сколько килограммов алюминия можно получить электролитическим методом из 110 кг боксита, если выход составляет 95%. Ответ округлите до целого числа.
2. 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 соотвественно. В ответ запишите число (в килоджоулях на моль), округлив его до целых.
3. 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.
4. Салициловая кислота (2-гидроксибензойная 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.

1. 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:
2. Образование двух молекул пировиноградной кислоты и двух молекул АТФ.
3. Образование метаболической воды благодаря взаимодействию протонов водорода с кислородом. Использование энергии протонного градиента для фосфорилирования АДФ в АТФ.
4. Распад сложных органических соединений до более простых (в многоклеточных организмах осуществляется в желудочно-кишечном тракте с помощью пищеварительных ферментов).
5. Образование ацетилкофермента-А.
6. 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**  |
| **Часть 1**  |  |
| 1  | 3; 6; 2  | 2  |
| 2  | 506  | 1  |
| 3  | 68  | 1  |
| Итог  |   | **4**  |
| **Часть 2**  |  |
| 4  | 21  | 2  |
| 5  | 207  | 2  |
| 6  | 420  | 2  |
| 7  | 0,6  | 2  |
| 8  | 600  | 2  |
| 9  | 1  | 2  |
| Итог  |   | **8** (за 4 задания)  |
| **Часть 3**  |  |
| 10  | 33  | 2  |
| 11  | 36  | 2  |
| 12  | 965  | 2  |
| 13  | 20  | 2  |
| 14  | 31452  | 2  |
| 15  | 100  | 2  |
| Итог  |   | **8** (за 4 задания)  |
| Максимальный первичный балл  | **20**  |