



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

**ОЛИМПИАДА «Я – МАГИСТР»
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В МАГИСТРАТУРУ в 2026 году**

**18.04.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ПРОГРАММА «ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ТЕХНОЛОГИИ
ЗАЩИТЫ
ОТ КОРРОЗИИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА»
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ
К ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОМУ ЭТАПУ ОЛИМПИАДЫ**

Составители:

к.х.н., доцент, Мишуков Владимир Игоревич

к.т.н., доцент, Демьян Василий Васильевич

к.х.н. доцент, Флик Евгения Александровна

(члены методической комиссии)

Председатель методической комиссии:

д.т.н., проф., Жукова Ирина Юрьевна

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

Характер и уровень сложности олимпиадных задач направлены на достижение целей проведения Олимпиады: выявление и поддержка лиц, проявивших выдающиеся способности; стимулирование учебно-познавательной и научно-исследовательской деятельности обучающихся; развитие у обучающихся интеллектуальных и творческих способностей; создание необходимых условий для формирования качественного контингента магистрантов, ориентированных на продолжение академической карьеры; формирование системы непрерывного взаимодействия с одаренной и талантливой молодежью; распространение и популяризация научных знаний; привлечение талантливой молодежи, в том числе из зарубежных стран, к обучению в магистратуре.

Задания дифференцированы по сложности и требуют различных временных затрат на верное и полное решение. Задания направлены на выявление интеллектуального потенциала, аналитических способностей и креативности мышления участников и т.п.

Очный этап Олимпиады проводится только в письменной форме. Каждый участник Олимпиады получает бланк с заданием, содержащий **пять** заданий. При выполнении заданий требуется:

1. инженерный калькулятор;
2. две синих или черных ручки.

При подготовке к Олимпиаде следует повторить приведенные ниже темы.

ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ СОДЕРЖАНИЯ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ЗАДАНИЯ ОЛИМПИАДЫ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА 2025/2026 УЧЕБНОГО ГОДА

Тема 1. Общая химия

Расчеты по термохимическим уравнениям. Знание основных законов термодинамики.

Пример вопроса (задачи).

Теплота сгорания аммиака NH_3 и газообразного гидразина N_2H_4 равны 317 и 534 кДж/моль соответственно. В обоих случаях продукты сгорания – азот и пары воды. Определите энергию связи $\text{N}-\text{N}$ в гидразине, если энергия связи $\text{N}\equiv\text{N}$ составляет 945 кДж/моль. Примите, что энергия связи $\text{N}-\text{H}$ одинакова в аммиаке и гидразине.

В ответе приведите все необходимые уравнения реакций и этапы расчета. Округление проводите до целых единиц.

РЕШЕНИЕ

№	Ответ	Баллы:
1.	Формальное уравнение реакции разложения гидразина: $3\text{N}_2\text{H}_4 \rightarrow 4\text{NH}_3 + \text{N}_2$	5
2.	Теплота реакции с учетом значений теплот сгорания, $Q_{\text{сгор.}}$: $Q_{\text{сгор.}} = 3Q_{\text{сгор.}}(\text{N}_2\text{H}_4) - 4Q_{\text{сгор.}}(\text{NH}_3) - Q_{\text{сгор.}}(\text{N}_2) =$ $= 3 \cdot 534 - 4 \cdot 317 - 0 = 334 \text{ кДж/моль}$	5
3.	Теплота реакции с учетом значений энергий связей, E , и равенством энергии связи N–Н в разных веществах: $Q = E(\text{N}\equiv\text{N}) - 3 \cdot E(\text{N}-\text{N}) = 945 - 3E(\text{N}-\text{N}) \text{ кДж/моль}$	5
4.	Сопоставляя теплоты реакций, посчитанные разными способами, определяем неизвестную энергию связи: $945 - 3 \cdot E(\text{N}-\text{N}) = 334$ $E(\text{N}-\text{N}) = 203 \text{ кДж/моль}$	5
	ИТОГО:	20

Тема 2. Электрохимия

Основные понятия и теории электрохимии, теоретические основы строения и поведения растворов электролитов, термодинамические основы процессов, протекающих на границе электрод-электролит, кинетические теории процессов, протекающих на границе электрод-электролит.

Пример вопроса (задачи).

Рассчитать необходимое количество барабанных ванн цинкования и коэффициент загрузки оборудования в цехе, имеющем годовую производительность $G_{\text{ц}} = 37500 \text{ кг}$ мелких деталей с удельной поверхностью $S_{\text{уд}} = 15,6 \text{ дм}^2/\text{кг}$.

Барабаны работают на сернокислом электролите при нагрузке $I = 40 \text{ А}$ и одновременной загрузке деталей $G_{\text{з}} = 12 \text{ кг}$. Толщина цинкового покрытия $d = 7 \text{ мк}$. Плотность цинка $\rho_{\text{Zn}} = 7,14 \text{ г/см}^3$, электрохимический эквивалент цинка $q_{\text{Zn}} = 1,22 \text{ г/(А}\cdot\text{ч)}$. Выход по току для цинка $B_{\text{т}} = 98 \%$; увеличение времени процесса цинкования в барабанах с учетом механического истирания покрытий и недостаточной равномерностью пересыпания деталей 15% ($K = 1,15$). Цинкующая поверхность катода составляет 3% от суммарной поверхности деталей загрузки ($K_{\text{л}} = 1,03$).

Принять, что номинальный годовой фонд работы оборудования отделения гальванопокрытий составляет в сутках – 305, в часах – 4154. Время на загрузку и выгрузку деталей в барабанах 5 мин. Подготовительно-заключительное время в сутки 0,5 ч. Простои оборудования в ремонте 4,5 % от номинального годового времени работы оборудования.

РЕШЕНИЕ

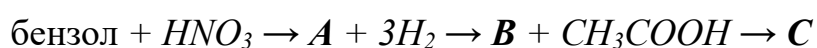
№	Ответ	Баллы:
1.	Действительный годовой фонд работы оборудования с учетом простоев на ремонт: $T_z = 4154 - 0,045 \cdot 4154 = 3967$ ч	2
2.	Подготовительно заключительное время за год: $T_0 = 305 \cdot 0,5 = 153$ ч	2
3.	Цинкуемая поверхность единовременной загрузки барабана (с учетом поверхности контактов): $S_6 = G_3 \cdot S_{уд} \cdot K_1 = 12 \cdot 15,6 \cdot 1,03 = 193$ дм ²	3
4.	Необходимая продолжительность цинкования: $\tau_1 = K \cdot (S_6 \cdot d \cdot \rho_{Zn} / (I \cdot q_{Zn} \cdot B_T)) =$ $= 1,15 \cdot (19300 \cdot 0,0007 \cdot 7,14 / (40 \cdot 1,22 \cdot 0,98)) \cdot 60 = 139$ мин	3
5.	Длительность цикла покрытия (с учетом времени на загрузку-выгрузку деталей): $\tau_2 = 139 + 5 = 144$ мин	2
6.	Годовая производительность одного барабана: $G_6 = G_3 \cdot (T_z - T_0) / \tau_2 = 12 \cdot (3967 - 153) \cdot 60 / 144 = 19050$ кг	3
7.	Необходимое количество барабанов в цехе: $n = G_{ц} / G_6 = 37500 / 19050 = 1,97$; принимаем $n = 2$	3
8.	Коэффициент загрузки оборудования: $K_3 = 1,97 / 2 = 0,985$	2
	ИТОГО:	20

Тема 3. Органическая химия

Фундаментальные разделы органической химии, механизмы химических реакций.

Пример вопроса (задачи).

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Дайте названия образующимся соединениям A, B, C.

Соединения A и B являются ароматическими веществами, содержащими заместители I и II рода. Укажите какого рода заместитель в соединении A и соединении B.

Как влияют заместители I и II рода на ароматическое кольцо?

Разбор задания (если требуется подробный разбор задания).

РЕШЕНИЕ

№	Ответ	Баллы:
1.	$C_6H_6 + HNO_3 \rightarrow H_2O + C_6H_5NO_2$	3
2.	$C_6H_5NO_2 + 3H_2 \rightarrow H_2O + C_6H_5NH_2$	3
3.	$C_6H_5NH_2 + CH_3COOH \rightarrow H_2O + C_6H_5NHC(O)CH_3$	3
4.	<u>A</u> – нитробензол, <u>B</u> – аминобензол (анилин) <u>C</u> – N-ацетиланилин	6
5.	Соединение <u>A</u> содержит заместитель II рода, а соединение <u>B</u> содержит заместитель I рода. Заместители I рода (активирующие) повышают электронную плотность кольца, облегчая электрофильное замещение в кольце и ориентируя новый заместитель в <i>орто</i> - и <i>пара</i> -положения кольца; заместители II рода (деактивирующие) понижают электронную плотность, затрудняя реакцию замещения в кольце и ориентируя новый заместитель в <i>мета</i> -положение кольца.	5
	ИТОГО:	20

Тема 2. Процессы и аппараты химической технологии

Основные понятия и закономерности технологических процессов, классификация процессов химической технологии, типовые методики расчета тепло- и массообменных процессов при проектировании и эксплуатации технологического оборудования химических производств.

Пример вопроса (задачи).

Насыщенный пар конденсируется на вертикальной поверхности стенки теплообменника (рисунок). Пленка конденсата ламинарно стекает по поверхности стенки, непрерывно увеличиваясь по толщине за счет конденсации новых порций пара на поверхности пленки. Ширина пленки (по координате y) равна 1 м. Общая высота стенки равна H .

Дифференциал теплового потока от пара к стенке на расстоянии z от начала пленки выражается линейным уравнением:

$$dQ_t = \frac{\lambda}{\delta} (t_{\text{п}} - t_{\text{ст}}) dz b$$

где λ – коэффициент теплопроводности конденсата;

δ – толщина пленки конденсата на расстоянии z от начала пленки;

$t_{\text{ст}}$ – постоянная по длине пленки температура станки;

$t_{\text{п}}$ – температура внешней поверхности пленки, равная температуре пара;

$b = 1$ м – ширина пленки (по координате y).

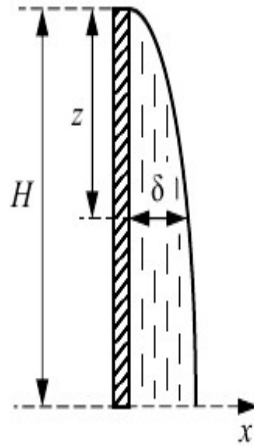


Рисунок – Пленочная конденсация

Средняя скорость течения конденсата выражается уравнением:

$$\omega_{z \text{ ср}} = \frac{\rho g \delta^2}{3\mu}$$

Удельная теплота конденсации пара равна r (Дж/кг).

Определить коэффициент теплоотдачи от пара к стенке в зависимости от приведенных выше параметров.

РЕШЕНИЕ

№	Ответ	Баллы:
1.	<p>Граничные условия для уравнения:</p> <p>на оси цилиндра</p> $\left(\frac{dt}{dr}\right)_{r=0} = 0$ <p>на поверхности</p> $\left(\frac{dt}{dr}\right)_{\text{пов}} = -\frac{\alpha}{\lambda}(t_{\text{пов}} - t_{\text{ср}})$	2
2.	<p>Интегрируем уравнение из условия</p> $r \frac{dt}{dr} = -\frac{q_v}{\lambda} \cdot \frac{r^2}{2} + c$ <p>Из первого уравнения следует, что $c = 0$</p>	2
3.	<p>Тогда, подставив уравнение два в уравнение три, получим:</p> $\left(\frac{dt}{dr}\right)_{\text{пов}} = -\frac{q_v \cdot r_{\text{пов}}}{2\lambda} = -\frac{\alpha}{\lambda}(t_{\text{пов}} - t_{\text{ср}})$ $t_{\text{пов}} = t_{\text{ср}} + \frac{q_v \cdot r_{\text{пов}}}{2\alpha}$	4
4.	<p>Мощность нагревателя проволоки</p> $Q_t = I^2 R = 19^2 \cdot 4 = 1444 \text{ Вт}$	2

5.	Тепловой поток от проволоки к воздуху: $q_v = \frac{Q_t}{\pi r_{\text{пов}}^2 L} = \frac{1444}{3,14 \cdot (10^{-3})^2 \cdot 12} = 3,832 \cdot 10^7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$	5
	Температура поверхности $t_{\text{пов}} = t_{\text{ср}} + \frac{q_v \cdot r_{\text{пов}}}{2\alpha} = 20 + \frac{3,832 \cdot 10^7 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 30} = 658,7 \text{ } ^\circ\text{C}$	5
	<i>ИТОГО:</i>	20

Тема 5. Аналитическая химия. Контроль качества нефтепродуктов

В лабораторию поступила проба моторного масла для определения в ней кислотного числа. Чем меньше кислотное число, тем лучше условия работы масла в двигателе и тем больше его остаточный ресурс. Повышение кислотного числа служит показателем окисления масла, вызванного длительным временем использования и/или рабочей температурой.

Для выполнения анализа по ГОСТ 5985-2022 отобрали 10,0 г анализируемой пробы. На титрование с нитразиновым желтым израсходовано 6,85 мл 0,05 моль/дм³ спиртового раствора гидроокиси калия.

Титр спиртового раствора гидроокиси калия установлен по раствору соляной кислоты, приготовленному из 0,1 моль/дм³ фиксанала: на титрование 10,0 мл 0,1 моль/дм³ раствора соляной кислоты израсходовано 21,10 мл \approx 0,05 моль/дм³ спиртового раствора гидроокиси калия.

Определите кислотное число (мг КОН/г).

Сформулируйте вывод о свежести моторного масла.

Составьте уравнение химической реакции (в общем виде) для данного метода определения.

Рассчитайте погрешность титрования с индикатором нитрозиновым желтым (pT = 6,5), если на титрование 10,0 мл 0,1000 М раствора соляной кислоты раствором гидроксида калия с вышеуказанной концентрацией израсходовано X мл титранта.

РЕШЕНИЕ

№	Ответ	Баллы:
1.	$T(\text{KOH}) = \frac{V(\text{HCl}) \times 0,0036465 \times M_3(\text{KOH})}{M_3(\text{HCl}) \times V(\text{KOH})} \times 1000$ $T(\text{KOH}) = \frac{10 \times 0,0036465 \times 56,104}{36,465 \times 21,10} \times 1000 = 2,65896 \frac{\text{мг}}{\text{см}^3}$	4

2.	$KЧ = \frac{V(KOH) \times T(KOH)}{m(\text{пробы})}$ $KЧ = \frac{6,85 \times 2,65896}{10,0} = 1,82 \text{ мгКОН/г}$	4
3.	<p>KЧ = 1,82 мг КОН/г. Кислотность в диапазоне 1,5-3,0 мг КОН/г минимальная, масло свежее.</p>	2
4.	$RCOOH + KOH \rightarrow RCOOK + H_2O$ <p>или</p> $H^+ + OH^- = H_2O$	1
5.	$\Delta = - \frac{(V_K + V_T) \times 10^{-pT}}{C_K \times V_K} \times 100\%$ <p>Поскольку $pT < pN_{тз}$, то титрование закончено до достижения точки эквивалентности. Следовательно, погрешность титрования определяется количеством неоттитрованной кислоты.</p> $\Delta = - \frac{(V_K + V_T) \times 10^{-pT}}{C_K \times V_K} \times 100\%$ $C_3(KOH) = T/M_3 = \frac{265896}{56,104} \approx 0,0474 \text{ моль/л}$ <p>Согласно закону эквивалентов,</p> $V_{KOH} = \frac{C(HCl) \times V(HCl)}{C(KOH)} = \frac{10,0 \times 0,1000}{0,0474} = 21,1 \text{ мл}$ <p><u>X</u> = 21, 1 мл</p> $\Delta = - \frac{(10 + 21,1) \times 10^{-6,5}}{10 \times 0,1000} \times 100\%$ $\Delta \approx - 0, 0001\%$	9
	ИТОГО:	20

Литература для подготовки

1. Минаевская, Л. В. Общая химия. Для инженерно-технических направлений подготовки и специальностей : учебное пособие / Л. В. Минаевская, Н. А. Щеголихина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 168 с. — ISBN 978-5-8114-3837-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126907> (дата обращения: 20.12.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Дамаскин, Б. Б. Электрохимия : учебное пособие / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. — 3-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 672 с.

— ISBN 978-5-8114-1878-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211859> (дата обращения: 09.11.2025).

3. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. В двух книгах. Книга 1 / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов [и др.]. — 10-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 916 с. — ISBN 978-5-507-46494-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/309377> (дата обращения: 20.12.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Щербина, А. Э. Органическая химия. Основной курс.: Учебник / А.Э. Щербина, Л.Г. Матусевич; Под ред. А.Э. Щербины. - Москва : НИЦ ИНФРА-М; Минск : Нов. знание, 2013. - 808 с.: ил.; . - (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-006956-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/415732> (дата обращения: 20.12.2025).

5. Васильев, В.П. Аналитическая химия. В 2 кн. учебник для вузов. М.: Дрофа, 2007. 383 с.

6. Кирсанов, Ю. Г. Анализ нефти и нефтепродуктов : учебно-методическое пособие / Ю. Г. Кирсанов, М. Г. Шишов, А. П. Коняева. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 88 с. — ISBN 978-5-7996-1675-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/68420.html> (дата обращения: 02.06.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Методические рекомендации
по формированию критериев проверки (оценивания) олимпиадных заданий
заключительного этапа

Заключительный этап олимпиады «Я – магистр» для поступающих в
магистратуру в 2026 году

Олимпиада по направлению 18.04.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ/
программе «ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ
ОТ КОРРОЗИИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА»

Критерии проверки.

Вариант заключительного этапа Олимпиады по 18.04.01 Химическая технология/ программе «Электрохимические процессы и технологии защиты от коррозии объектов нефтегазового комплекса» включает в себя **пять** заданий разного типа. Каждое задание оценивается от 0 до 20 баллов. Наибольшая итоговая сумма баллов, которой могут быть оценены ответы на все вопросы олимпиадного варианта при условии отсутствия в них ошибок, неправильных, неполных или неточных ответов, равна 100. Неверные ответы оцениваются в 0 баллов. Возможен частичный зачёт баллов за неполный ответ на задание. Под неполным понимается ответ, содержащий правильные ответы не на все вопросы задания. В таком случае присуждается только часть баллов за правильные ответы задания, соответствующая доле от максимально возможного балла. Подсчёт итоговой оценки за задание осуществляется путём суммирования баллов, выставленных за каждый из вопросов.

Тема 1. Общая химия

Задача. Теплота сгорания аммиака NH_3 и газообразного гидразина N_2H_4 равны 317 и 534 кДж/моль соответственно. В обоих случаях продукты сгорания – азот и пары воды. Определите энергию связи $\text{N}-\text{N}$ в гидразине, если энергия связи $\text{N}\equiv\text{N}$ составляет 945 кДж/моль. Примите, что энергия связи $\text{N}-\text{H}$ одинакова в аммиаке и гидразине.

В ответе приведите все необходимые уравнения реакций и этапы расчета. Округление проводите до целых единиц.

Всего: 20 баллов. Из них:

Критерии проверки (оценивания)

№	Критерий	Балл
1.	Составлено формальное уравнение реакции разложения гидразина: $3\text{N}_2\text{H}_4 \rightarrow 4\text{NH}_3 + \text{N}_2$	5
2.	Составлено уравнение теплоты реакции и проведен расчет с учетом значений теплот сгорания, $Q_{\text{сгор.}}$: $Q_{\text{сгор.}} = 3Q_{\text{сгор.}}(\text{N}_2\text{H}_4) - 4Q_{\text{сгор.}}(\text{NH}_3) - Q_{\text{сгор.}}(\text{N}_2) =$ $= 3 \cdot 534 - 4 \cdot 317 - 0 = 334 \text{ кДж/моль}$	5
3.	Рассчитана теплота реакции с учетом значений энергий связей, E , и равенством энергии связи N–H в разных веществах: $Q = E(\text{N}\equiv\text{N}) - 3 \cdot E(\text{N}-\text{N}) = 945 - 3E(\text{N}-\text{N}) \text{ кДж/моль}$	5
4.	Определена неизвестная энергия связи: $945 - 3 \cdot E(\text{N}-\text{N}) = 334$ $E(\text{N}-\text{N}) = 203 \text{ кДж/моль}$	5
	ИТОГО:	20

Тема 2. Электрохимия

Основные понятия и теории электрохимии, теоретические основы строения и поведения растворов электролитов, термодинамические основы процессов, протекающих на границе электрод-электролит, кинетические теории процессов, протекающих на границе электрод-электролит.

Задача:

Рассчитать необходимое количество барабанных ванн цинкования и коэффициент загрузки оборудования в цехе, имеющем годовую производительность $G_{\text{ц}} = 37500 \text{ кг}$ мелких деталей с удельной поверхностью $S_{\text{уд}} = 15,6 \text{ дм}^2/\text{кг}$.

Барабаны работают на сернокислом электролите при нагрузке $I = 40 \text{ А}$ и одновременной загрузке деталей $G_3 = 12 \text{ кг}$. Толщина цинкового покрытия $d = 7 \text{ мк}$. Плотность цинка $\rho_{\text{Zn}} = 7,14 \text{ г/см}^3$, электрохимический эквивалент цинка $q_{\text{Zn}} = 1,22 \text{ г/(А·ч)}$. Выход по току для цинка $B_m = 98 \%$; увеличение времени процесса цинкования в барабанах с учетом механического истирания покрытий и недостаточной равномерностью пересыпания деталей 15% ($K = 1,15$). Цинкующая поверхность катода составляет 3% от суммарной поверхности деталей загрузки ($K_l = 1,03$).

Принять, что номинальный годовой фонд работы оборудования отделения гальванопокрытий составляет в сутках – 305 , в часах – 4154 . Время на загрузку и выгрузку деталей в барабанах 5 мин . Подготовительно-заключительное время в сутки $0,5 \text{ ч}$. Простои оборудования в ремонте $4,5 \%$ от номинального годового времени работы оборудования.

Всего: 20 баллов. Из них:

Критерии проверки (оценивания)

№	Критерий	Балл
1.	Расчет действительного годового фонда работы оборудования с учетом простоев на ремонт: $T_z = 4154 - 0,045 \cdot 4154 = 3967 \text{ ч}$	2
2.	Расчет подготовительно заключительного времени за год: $T_0 = 305 \cdot 0,5 = 153 \text{ ч}$	2
3.	Определена площадь цинкуемой поверхности единовременной загрузки барабана (с учетом поверхности контактов): $S_6 = G_3 \cdot S_{\text{уд}} \cdot K_l = 12 \cdot 15,6 \cdot 1,03 = 193 \text{ дм}^2$	3
4.	Определено время необходимой продолжительности цинкования: $\tau_1 = K \cdot (S_6 \cdot d \cdot \rho_{\text{Zn}} / (I \cdot q_{\text{Zn}} \cdot B_m)) =$ $= 1,15 \cdot (19300 \cdot 0,0007 \cdot 7,14 / (40 \cdot 1,22 \cdot 0,98)) \cdot 60 = 139 \text{ мин}$	3
5.	Определена длительность цикла покрытия	2

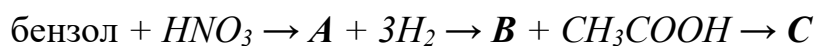
	(с учетом времени на загрузку-выгрузку деталей): $\tau_2 = 139 + 5 = 144$ мин	
6.	Рассчитана годовая производительность одного барабана: $G_6 = G_3 \cdot (T_z - T_0) / \tau_2 = 12 \cdot (3967 - 153) \cdot 60 / 144 = 19050$ кг	3
7.	Рассчитано необходимое количество барабанов в цехе: $n = G_{ц} / G_6 = 37500 / 19050 = 1,97$; принимаем $n = 2$	3
8.	Определен коэффициент загрузки оборудования: $K_3 = 1,97 / 2 = 0,985$	2
	ИТОГО:	20

Тема 3. Органическая химия

Фундаментальные разделы органической химии, механизмы химических реакций.

Задача.

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Дайте названия образующимся соединениям A, B, C.

Соединения A и B являются ароматическими веществами, содержащими заместители I и II рода. Укажите какого рода заместитель в соединении A и соединении B.

Как влияют заместители I и II рода на ароматическое кольцо?

Всего: 20 баллов. Из них:

Критерии проверки (оценивания)

№	Критерий	Балл
1.	Составлено уравнение реакции: $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	3

2.	Составлено уравнение реакции: $C_6H_5NO_2 + 3H_2 \rightarrow H_2O + C_6H_5NH_2$	3
3.	Составлено уравнение реакции: $C_6H_5NH_2 + CH_3COOH \rightarrow H_2O + C_6H_5NHC(O)CH_3$	3
4.	Названы образующиеся соединения <u>A, B, C</u> (за каждое соединение - по 2 балла) <u>A</u> – нитробензол, <u>B</u> – аминбензол (анилин) <u>C</u> – N-ацетиланилин	6
5.	Указан рода заместителей: Соединение <u>A</u> содержит заместитель II рода, а соединение <u>B</u> содержит заместитель I рода (2 балла). Дано объяснение влияния заместителей на ароматическое кольцо. Заместители I рода (активирующие) повышают электронную плотность кольца, облегчая электрофильное замещение в кольце и ориентируя новый заместитель в <i>орто</i> - и <i>пара</i> -положения кольца; заместители II рода (деактивирующие) понижают электронную плотность, затрудняя реакцию замещения в кольце и ориентируя новый заместитель в <i>мета</i> -положение кольца (3 балла).	5
	ИТОГО:	20

Тема 2. Процессы и аппараты химической технологии

Основные понятия и закономерности технологических процессов, классификация процессов химической технологии, типовые методики расчета тепло- и массообменных процессов при проектировании и эксплуатации технологического оборудования химических производств.

Задача.

Насыщенный пар конденсируется на вертикальной поверхности стенки теплообменника (рисунок). Пленка конденсата ламинарно стекает по поверхности

стенки, непрерывно увеличиваясь по толщине за счет конденсации новых порций пара на поверхности пленки. Ширина пленки (по координате y) равна 1 м. Общая высота стенки равна H .

Дифференциал теплового потока от пара к стенке на расстоянии z от начала пленки выражается линейным уравнением:

$$dQ_t = \frac{\lambda}{\delta} (t_{\text{п}} - t_{\text{ст}}) dz b$$

где λ – коэффициент теплопроводности конденсата;

δ – толщина пленки конденсата на расстоянии z от начала пленки;

$t_{\text{ст}}$ – постоянная по длине пленки температура станки;

$t_{\text{п}}$ – температура внешней поверхности пленки, равная температуре пара;

$b = 1$ м – ширина пленки (по координате y).

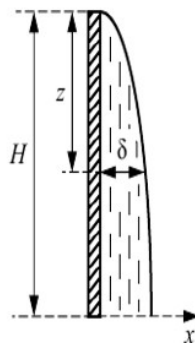


Рисунок – Пленочная конденсация

Средняя скорость течения конденсата выражается уравнением:

$$\omega_{z \text{ ср}} = \frac{\rho g \delta^2}{3\mu}$$

Удельная теплота конденсации пара равна r (Дж/кг).

Определить коэффициент теплоотдачи от пара к стенке в зависимости от приведенных выше параметров.

Всего: 20 баллов. Из них:

Критерии проверки (оценивания)

№	Критерий	Балл
1.	<p>Расчет: Граничные условия для уравнения:</p> <p>на оси цилиндра</p> $\left(\frac{dt}{dr}\right)_{r=0} = 0$ <p>на поверхности</p> $\left(\frac{dt}{dr}\right)_{\text{пов}} = -\frac{\alpha}{\lambda}(t_{\text{пов}} - t_{\text{ср}})$	2
2.	<p>Расчет: Интегрируем уравнение из условия</p> $r \frac{dt}{dr} = -\frac{q_v}{\lambda} \cdot \frac{r^2}{2} + c$ <p>Из первого уравнения следует, что $c = 0$</p>	2
3.	<p>Расчет: подставив уравнение два в уравнение три, получим:</p> $\left(\frac{dt}{dr}\right)_{\text{пов}} = -\frac{q_v \cdot r_{\text{пов}}}{2\lambda} = -\frac{\alpha}{\lambda}(t_{\text{пов}} - t_{\text{ср}})$ $t_{\text{пов}} = t_{\text{ср}} + \frac{q_v \cdot r_{\text{пов}}}{2\alpha}$	4
4.	<p>Расчет: Мощность нагревателя проволоки</p> $Q_t = I^2 R = 19^2 \cdot 4 = 1444 \text{ Вт}$	2
5.	<p>Расчет: Тепловой поток от проволоки к воздуху:</p> $q_v = \frac{Q_t}{\pi r_{\text{пов}}^2 L} = \frac{1444}{3,14 \cdot (10^{-3})^2 \cdot 12} = 3,832 \cdot 10^7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$	5
	<p>Расчет: Температура поверхности</p> $t_{\text{пов}} = t_{\text{ср}} + \frac{q_v \cdot r_{\text{пов}}}{2\alpha} = 20 + \frac{3,832 \cdot 10^7 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 30} = 658,7 \text{ } ^\circ\text{C}$	5
	<i>ИТОГО:</i>	20

Тема 5. Аналитическая химия. Контроль качества нефтепродуктов

Задача.

В лабораторию поступила проба моторного масла для определения в ней кислотного числа. **Чем меньше кислотное число**, тем лучше условия работы масла в двигателе и тем больше его остаточный ресурс. **Повышение кислотного числа** служит показателем окисления масла, вызванного длительным временем использования и/или рабочей температурой.

Для выполнения анализа по ГОСТ 5985-2022 отобрали 10,0 г анализируемой пробы. На титрование с нитразиновым желтым израсходовано 6,85 мл 0,05 моль/дм³ спиртового раствора гидроокиси калия.

Титр спиртового раствора гидроокиси калия установлен по раствору соляной кислоты, приготовленному из 0,1 моль/дм³ фиксанала: на титрование 10,0 мл 0,1 моль/дм³ раствора соляной кислоты израсходовано 21,10 мл \approx 0,05 моль/дм³ спиртового раствора гидроокиси калия.

Определите кислотное число (мг КОН/г).

Сформулируйте вывод о свежести моторного масла.

Составьте уравнение химической реакции (в общем виде) для данного метода определения.

Рассчитайте погрешность титрования с индикатором нитрозиновым желтым (pT = 6,5), если на титрование 10,0 мл 0,1000 М раствора соляной кислоты раствором гидроксида калия с вышеуказанной концентрацией израсходовано X мл титранта.

Всего: 20 баллов. Из них:

Критерии проверки (оценивания)

№	Критерий	Балл
1.	Установлен титр гидроокиси калия по раствору соляной кислоты: $T(\text{KOH}) = \frac{10 \times 0,0036465 \times 56,104}{36,465 \times 21,10} \times 1000 = 2,65896 \frac{\text{мг}}{\text{см}^3}$	4

2.	<p>Определено кислотное число (КЧ) моторного масла:</p> $\text{КЧ} = \frac{6,85 \times 2,65896}{10,0} = 1,82 \text{ мгКОН/г}$	4
3.	<p>Сформулируйте вывод о свежести моторного масла.</p> <p>КЧ = 1,82 мг КОН/г. Кислотность в диапазоне 1,5-3,0 мг КОН/г минимальная, масло свежее.</p>	2
4.	<p>Составлено уравнение химической реакции:</p> $\text{RCOON} + \text{KOH} \rightarrow \text{RCOOK} + \text{H}_2\text{O}$ <p>или</p> $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$	1
5.	<p>Определен объем (<u>X</u>) израсходованного титранта (4 балла).</p> <p>Рассчитана погрешность титрования (5 баллов).</p> <p>Поскольку $\text{pT} < \text{pH}_{\text{тз}}$, то титрование закончено до достижения точки эквивалентности. Следовательно, погрешность титрования определяется количеством неоттитрованной кислоты.</p> $\Delta = - \frac{(V_{\text{к}} + V_{\text{т}}) \times 10^{-\text{pT}}}{C_{\text{к}} \times V_{\text{к}}} \times 100\%$ $C_3(\text{KOH}) = T/M_3 = \frac{265896,}{56,104} \approx 0,0474 \text{ моль/л}$ <p>Согласно закону эквивалентов,</p> $V_{\text{KOH}} = \frac{C(\text{HCl}) \times V(\text{HCl})}{C(\text{KOH})} = \frac{10,0 \times 0,1000}{0,0474} = 21,1 \text{ мл}$ <p><u>X</u> = 21, 1 мл</p> $\Delta = - \frac{(10 + 21,1) \times 10^{-6,5}}{10 \times 0,1000} \times 100\%$ $\Delta \approx - 0, 0001\%$	9
	ИТОГО:	20

