

Всероссийская олимпиада студентов «Я – профессионал»**Вариант 1**

задания письменного тура

по направлению «Химия»

Категория участия: «Магистратура/специалитет»

Время выполнения задания – **240 мин.****Задача 1 (13 баллов).***Задание подготовлено совместно с партнером олимпиады ПАО «Уралкалий»*

Природный минерал класса галогенидов *X* используется для получения металла серебристо-белого цвета *A*. Содержание металла *A* в минерале – 8.65 масс%.

Минерал *X* окрашивает пламя в фиолетовый цвет, а растирание его с хинализарином и едким кали дает васильково-синее окрашивание полученной смеси. Минерал *X* легко растворяется в воде. Добавление к водному раствору 5.55 г *X* раствора нитрата серебра приводит к выпадению 8.61 г белого творожистого осадка, нерастворимого в азотной кислоте. Добавление к водному раствору, содержащему такое же количество *X*, гидрофосфата натрия и аммиака приводит к выпадению 4.90 г бесцветных кристаллов (выпадающая соль - гексагидрат). На титрование раствора 5.55 г *X* в метаноле в присутствии пиридина и диоксида серы требуется 30.48 г иода.

1. Установите металл *A*, определите состав минерала *X*. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

2. Приведите название минерала *X* и название месторождения в России, где он производится.

3. Напишите уравнения реакций, протекающих при промышленном производстве металла *A* из минерала *X*.

Задача 2 (13 баллов).

Для улучшения плодородия почв и влияния на рост сельскохозяйственных культур необходимо вносить необходимое количество азота и серы. Этот процесс можно упростить, внося одновременно удобрение сульфат-нитрат аммония, который получают путем перемалывания и смешения до однородной массы сульфата и нитрата аммония с последующим прессованием.

В заводской лаборатории ПАО «КуйбышевАзот» проанализировали гранулированную пробу, содержащую сульфат аммония, нитрат аммония и неактивные примеси. Навеску пробы массой 0.5000 г растворили в деионизованной воде и довели объем раствора до 200.0 мл в мерной колбе класса А.

Отбрали 50.0 мл, к аликвоте прибавили избыток 3 М раствора гидроксида натрия и выделившийся аммиак отогнали в 30.0 мл 0.0842 М соляной кислоты. На титрование избытка кислоты израсходовали 10.10 мл 0.0880 М раствора гидроксида натрия.

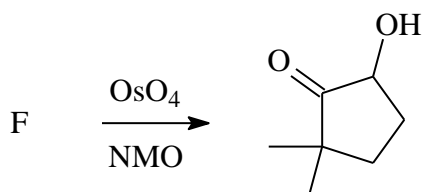
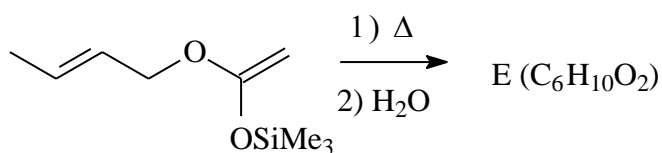
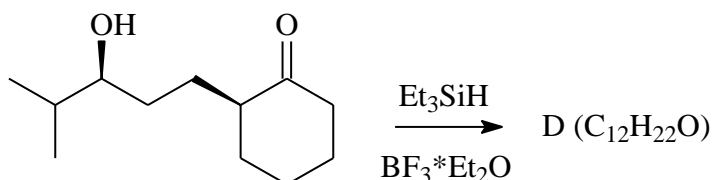
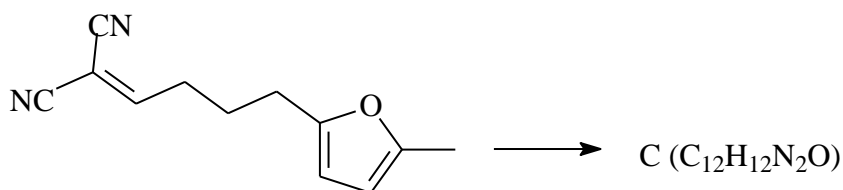
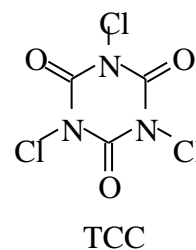
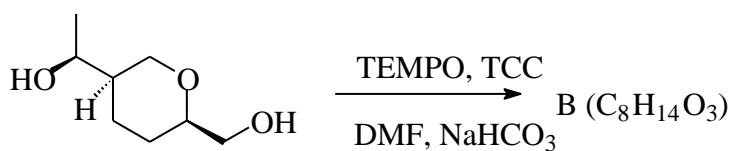
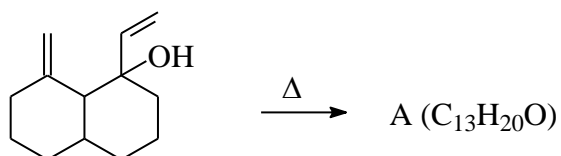
Отбрали 25.0 мл, к аликвоте прибавили необходимое количество 3 М раствора гидроксида натрия и сплав Дебарда. Затем суммарное количество аммиака отогнали в 60.0 мл 0.0421 М соляной кислоты. На титрование избытка кислоты израсходовали 14.10 мл 0.0880 М раствора гидроксида натрия.

Всероссийская олимпиада студентов «Я – профессионал»

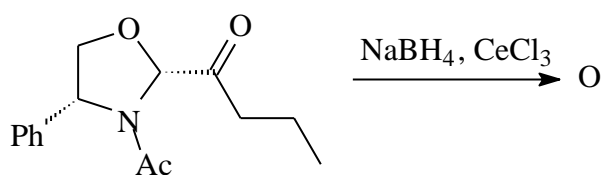
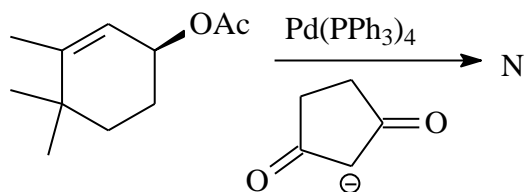
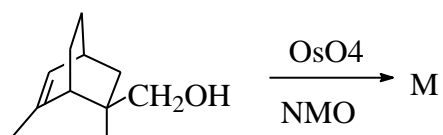
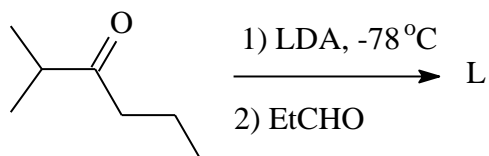
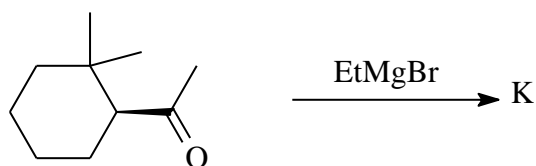
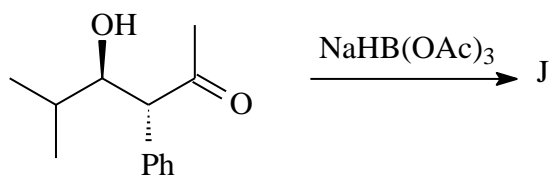
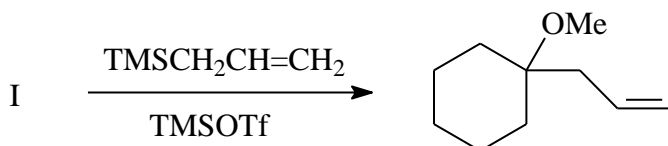
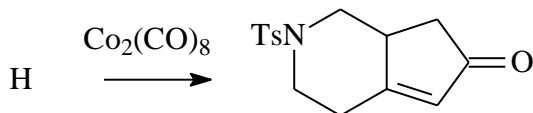
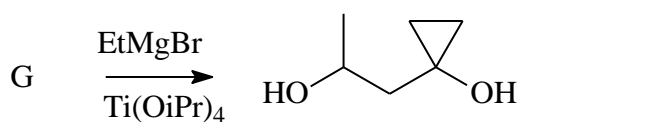
Определите содержание сульфата аммония и нитрата аммония (масс.%). Значения укажите с точностью до сотых долей процента.

Задача 3 (13 баллов).

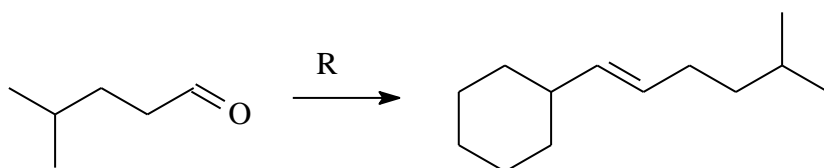
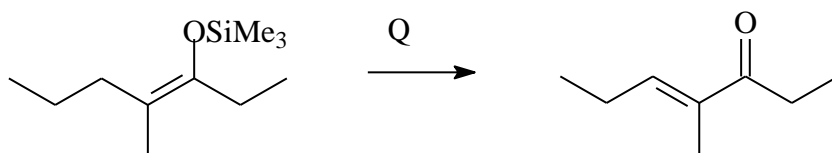
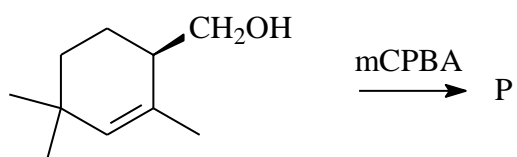
Приведите структуру продуктов **A-E**; исходных соединений **F-I**; стереохимию продуктов **J-P**; условия реакций **Q-V**. Объясните, на чем основан ваш выбор стереохимии соединений **J-P**.



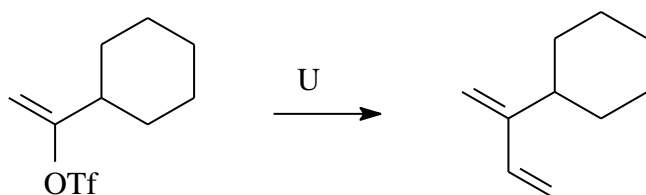
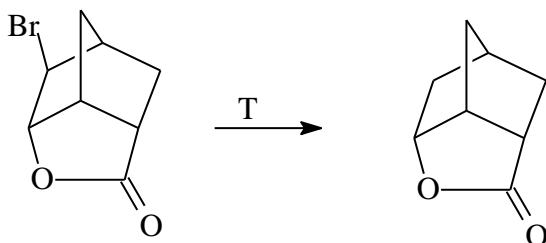
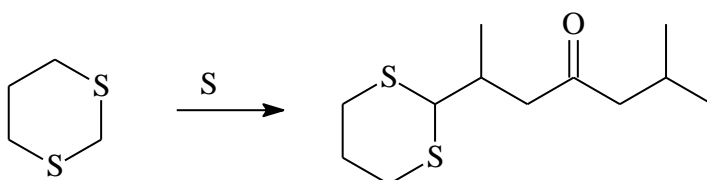
Всероссийская олимпиада студентов «Я – профессионал»



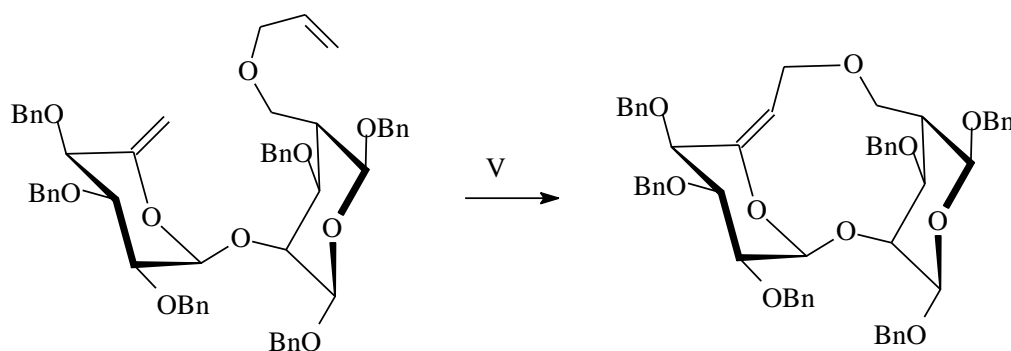
Всероссийская олимпиада студентов «Я – профессионал»



(транс-алкен)



Всероссийская олимпиада студентов «Я – профессионал»

**Задача 4 (13 баллов).**

В бинарной системе Al – Ca к 10 г расплава **A** неизвестного состава добавили 12 г соединения **B**, которое содержит 20.2 масс. % Al. Систему выдержали при 1400 К. Образовавшийся расплав **C** при медленном охлаждении до комнатной температуры превращается в гетерогенную смесь двух твердых фаз **смесь 1**. Известно, что при нагревании образованная **смесь 1** начинает плавиться при 900 К. При более высокой скорости охлаждения расплав **C** превращается в гетерогенную смесь двух твердых фаз **смесь 2**. **Смесь 2** при нагревании начинает плавиться при 800 К.

Используя информацию о кривой охлаждения расплава **A** (рис. 1) и фазовую диаграмму системы Al – Ca (рис. 2),

- 1) Установите составы расплавов **A** и **C**;
- 2) Определите соединение **B**;
- 3) Укажите, из каких фаз состоят **смесь 1** и **смесь 2**; определите массу каждой из фаз в **смеси 1** и **смеси 2**;
- 4) Поясните, почему **смесь 1** и **смесь 2** при нагревании начинают плавиться при разных значениях температуры.

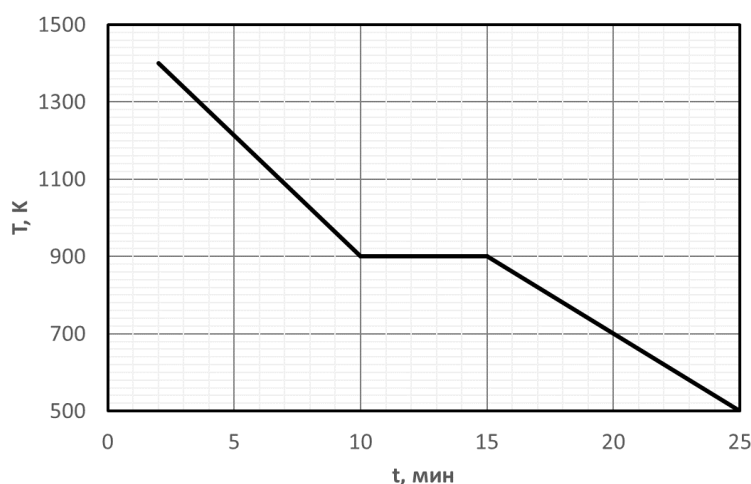


Рис. 1. Кривая охлаждения расплава **A**

Всероссийская олимпиада студентов «Я – профессионал»

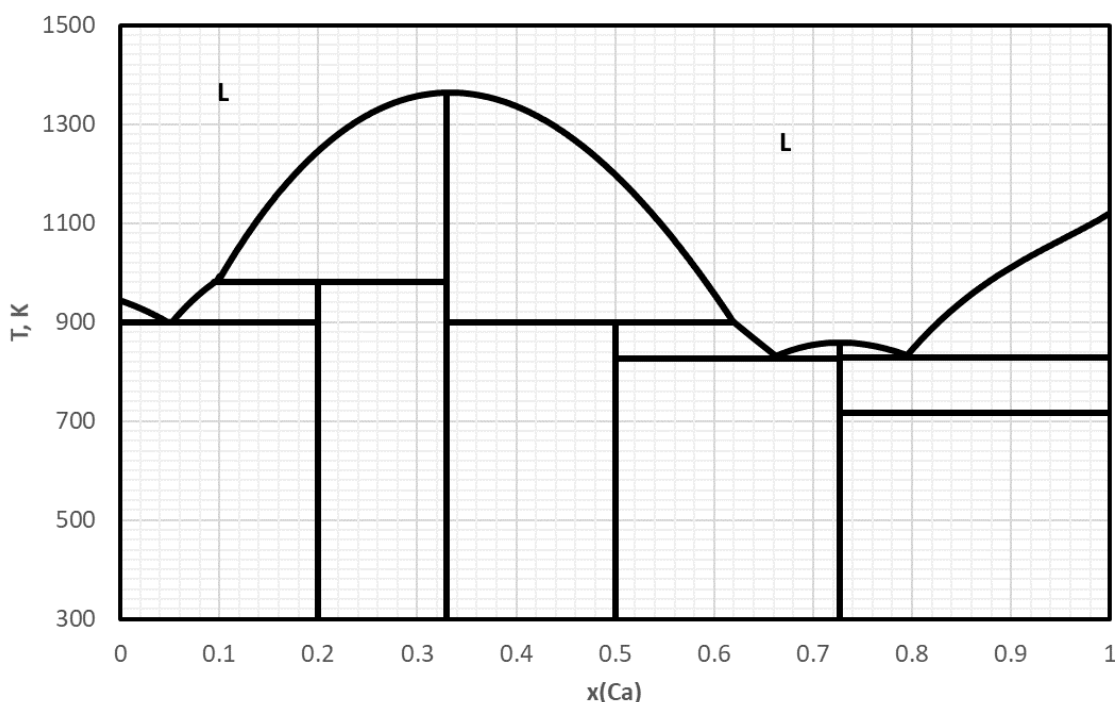


Рис. 2. Фазовая диаграмма системы Al – Ca

Задача 5 (12 баллов).

Высокомолекулярные соединения **A** и **B** имеют одинаковый элементный состав: 63.7% углерода, 12.4% азота, 14.2% кислорода (по массе), при этом соединение **A** получают в ходе цепного процесса, а **B** – ступенчатого.

а) Предложите формулы полимеров и соответствующих мономеров, назовите их, напишите схемы соответствующих реакций полимеризации.

б) Предложите путь синтеза мономеров для **A** и **B** исходя из бензола (напишите уравнения химических реакций).

в) Каким образом можно использовать материалы на основе **A** и **B**, как это связано с их структурой?

Задача 6 (12 баллов).

I. Классическим методом синтеза вещества **X** является взаимодействие соли железа(III) **A** и комплексного соединения железа(II) **B**, содержащего 15.16% Fe. В зависимости от условий синтеза **X** может иметь различный состав: содержание Fe в нем может составлять от 36.39 до 45.49% (по массе; *здесь и далее при расчетах атомные массы всех элементов, кроме железа, округлены до четырех значащих цифр, для Fe использована масса 55.845 г/моль*).

а) Назовите вещество **X**. Приведите уравнения синтеза **X** с содержанием железа 36.39% и 45.49% (по массе) из **A** и **B**. Какая из этих форм вещества **X** имеет более высокую растворимость в воде?

б) В случае, если соединения **A** и **B** ввести в реакцию в мольном соотношении 5:3, образуется **X** в форме наночастиц. Укажите, какие основные факторы способствуют образованию наночастиц **X** в данном случае.

Всероссийская олимпиада студентов «Я – профессионал»

II. Наночастицы **X** были также получены взаимодействием на свету двух аммонийных солей, содержащих 14.93 и 20.99% железа, в системе, включающей воду, изооктан и бис(2-этилгексил)сульфосукцинат натрия.

Приведите уравнения протекающих реакций. Укажите основные факторы, которые привели к образованию **X** в форме наночастиц при использовании данного метода.

III. Известен также способ получения наночастиц **X** путем длительного выдерживания **B** в водном растворе, подкисленном соляной кислотой.

Приведите уравнения протекающих реакций. Укажите основные факторы, которые привели к образованию **X** в форме наночастиц при использовании данного метода.

IV. Дисперсии наночастиц часто теряют стабильность и выпадают в осадок в присутствии электролитов.

а) Для какого (каких) из описанных выше типов наночастиц **X** введение электролитов в их водную суспензию сильнее повлияет на ее стабильность?

б) Из списка (хлорид натрия, хлорид алюминия, фосфат натрия) выберите соль, введение которой в наименьшей концентрации будет вызывать выпадение осадка **X**. Ответ кратко поясните.

Задача 7 (12 баллов).

Миоглобин – это мономерный транспортный белок с молекулярной массой 16,5 кДа. Кроме белковой (пептидной) части в миоглобин входит простетическая группа – гем, способная обратимо связывать молекулу кислорода. Гем – это комплексное соединение порфирина с двухвалентным железом.

Для раствора, содержащего 1 мг/мл миоглобина и 0.15 М NaCl при температуре 37°C после установления равновесия между связанным и свободным кислородом получены следующие результаты: Доля (в %) связанного с кислородом миоглобина от общего количества миоглобина при разных значениях парциального давления кислорода (см. таблицу). Определите значения **X**, **Y**, **Z**. Ответ поясните.

Парциальное давление кислорода, мм ртутного столба	Связанный с кислородом миоглобин, %
1	20.0
2	33.4
4	X
5	Y
7	63.6
16	80.0
20	Z

Задача 8 (12 баллов).

Под действием первичного космического излучения, а также вторичных частиц, в том числе нейтронов, в атмосфере Земли постоянно образуются радионуклиды в результате ядерных реакций. Основная реакция образования радиоактивного изотопа углерода ^{14}C следующая: $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$. Вся живая материя характеризуется одинаковым содержанием ^{14}C с

Всероссийская олимпиада студентов «Я – профессионал»

удельной активностью 2.71 Бк/моль, но после выхода из биохимического круговорота содержание ^{14}C снижается из-за его распада (период полураспада $T_{1/2} = 5730$ лет). По содержанию ^{14}C в углероде археологических артефактов можно определить их возраст.

1. Рассчитайте энергетический эффект ядерной реакции образования ^{14}C из азота.
2. Определите продукт радиоактивного распада ^{14}C и рассчитайте максимальную энергию испускаемых при этом β -частиц (МэВ).
3. Рассчитайте возраст археологического объекта, если при измерении радиоактивности 1 г CO_2 , полученного при окислении содержащегося в нем углерода, была зафиксирована скорость счета 2,72 имп/мин (за вычетом фона) при эффективности регистрации 94%.

Справочная информация:

атом (частица)	масса, а.е.м
^{14}N	14.003074
^{14}C	14.003242
^1H	1.007825
n (нейтрон)	1.008665

Энергетический эквивалент 1 а.е.м. = 931.5 МэВ.

Атомные массы углерода и кислорода (природной смеси изотопов) 12.0096 и 15.9994 г/моль.