

**Задачи регионального тура олимпиады по химии 2015/2016 г.  
11–12 класс**

1. Нарисуйте структурные формулы и приведите соответствующие названия молекул, которые:

- a)** содержат несколько атомов углерода, но не содержат C–C связей; (2)  
**b)** содержат атомы углерода и водорода, но не содержат C–H связей или атомов галогенов; (2)  
**c)** содержат атомы углерода, но не содержат атомов водорода; (2)  
**d)** имеют формулу  $C_nH_{2n}$ , но не содержат кратных связей; (2)  
**e)** содержат несколько атомов углерода и тройные связи, но не содержат ни одного атома водорода. (2)(10)

Ответы не должны повторяться!

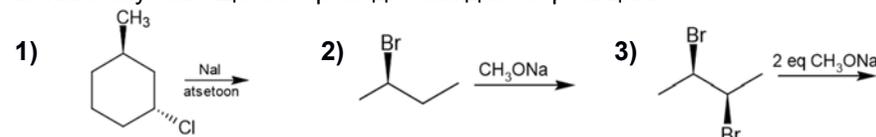
2. Многие металлы и металлоиды являются токсичными и загрязняют окружающую среду.

- a)** Назовите 3 токсичных тяжёлых металла (исключая мышьяк и кадмий), вызывающих наибольшее беспокойство в связи с загрязнением окружающей среды, а также укажите 3 различных способа, какими тяжёлые металлы попадают в окружающую среду. (3)  
**b)** Укажите 3 различных способа, какими тяжёлые металлы могут попасть в организм человека. (1,5)  
**c)** Концентрация Cd в крови курящего равняется прим.  $4,2 \text{ мг/дм}^3$ , а в крови некурящего –  $2,1 \text{ мг/дм}^3$ . Рассчитайте, сколько сигарет подряд потребовалось бы выкурить, чтобы повысить концентрацию Cd с уровня некурящего до уровня курящего. Примите, что в человеческом организме  $5 \text{ дм}^3$  крови, а в одной сигарете содержится 1 мг Cd, из которых в результате курения 25% достигают кровотока. (2)  
**d)** Согласно Всемирной Организации Здоровья установленная норма для содержания As в воде равна  $10 \text{ мкг/дм}^3$ . Рассчитайте, превышена ли норма в воде из-под крана, содержащей  $0,15 \text{ мг H}_3\text{AsO}_4$  на  $10 \text{ дм}^3$ ? (1,5)(8)

3. Элемент **X**, который добывали и в Эстонии, образует множество оксидов, из которых наиболее известны **A** (84,80% **X**), **B** (88,15% **X**) и **C** (83,22% **X**). Для получения чистого металла **X** проводят следующие реакции. В реакции оксида **A** с азотной кислотой получается соль **D** (60,41% **X**). При нагревании вещества **D** образуется оксид **C**, при восстановлении которого водородом получается **B**. Оксид **B** вступает в реакцию с кислотой **E** (94,96% **Y**), в результате чего образуется бинарная соль **F** (75,80% **X**). При последующем окислении соли **F** простым веществом **G** получается легколетучее соединение **H** (67,62% **X**). Для получения элемента **X** достаточно восстановить **H** водородом до соединения **F**, а затем **F** восстановить кальцием до **X**. На практике зачастую достаточно получить из вещества **H** лишь **B**, для чего **H** обрабатывают водородом и водным паром.

- a)** Определите элементы **X** и **Y**, и напишите формулы соединений **A–H**.(5)  
**b)** Напишите уравнения следующих реакций: **i)**  $C + H_2 = B + H_2O$ ;  
**ii)**  $B + E = F + H_2O$ ; **iii)**  $F + G = H$ ; **iv)**  $H + H_2 = F + E$ ; **v)**  $F + Ca = X + \dots$ ;  
**vi)**  $H + H_2 + H_2O = B + E$  (3)  
**c)** С какой целью переводят элемент **X** в состав соединения **H**? (2)(10)

4. **a)** Определите структурные формулы продуктов реакций **1)** и **2)**, напишите их названия без учета хиральности. Укажите, по какому механизму замещения проходит каждая из реакций. (4)



- b)** Продуктом реакции, протекающей по механизму  $S_N1$ , является рацемат. Что представляет собой рацемат? (1)  
**c)** Нарисуйте пространственные формулы **i)** одной пары энантиомеров и **ii)** одной пары диастереомеров, образующихся в реакции **3)**. (4)(9)

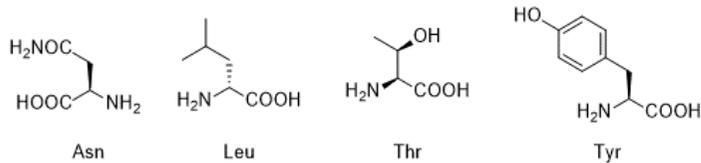
5. Фосфорную кислоту получают мокрым и термическим способами. Сравним оба подхода.

Согласно мокрому методу, фосфорную кислоту получают из минералов, содержащих фосфор, которые обрабатывают кислотами. Обычно используют серную кислоту, но также возможно применение азотной или хлороводородной кислоты, если их цена достаточно низка.

- a)** Напишите уравнения следующих реакций: **i)**  $Ca_3(PO_4)_2$  реагирует с  $H_2SO_4$ , **ii)**  $Ca_5(PO_4)_3F$  реагирует с  $HCl$ . (2)  
 Согласно термическому методу, фосфор сжигают на воздухе для получения  $P_4O_{10}$ , который затем преобразуют в фосфорную кислоту. Для получения фосфора проводят реакцию  $Ca_3(PO_4)_2$  с  $SiO_2$  и коксом, в результате которой образуются  $CaSiO_3$  и  $CO$ .  
**b)** Напишите уравнения реакций получения  $P_4$ ,  $P_4O_{10}$  и  $H_3PO_4$  согласно термическому методу. (3)  
**c)** Рассчитайте отношение массы полученной  $H_3PO_4$  к массе реагентов в процентах (т. н. атомарную эффективность) для **i)** мокрого и **ii)** термического способов получения кислоты из  $Ca_3(PO_4)_2$ . (2)  
**d)** Даны примерные стоимости химических реагентов:  $Ca_3(PO_4)_2 = 40 \text{ €/кг}$ ;  $H_2SO_4 = 50 \text{ €/кг}$ ;  $SiO_2 = 20 \text{ €/кг}$ . Считая стоимость остальных реагентов пренебрежительно малой, рассчитайте суммарную стоимость реагентов, необходимых для получения 1 кг  $H_3PO_4$  согласно **i)** мокрому и **ii)** термическому методу. (2)  
**e)** Обоснуйте, какой из методов **i)** дешевле, и по какому из методов в качестве продукта получается водный раствор фосфорной кислоты **ii)** с наибольшей концентрацией и **iii)** наибольшей чистоты. (3)(12)

6. Биосинтез пептидного антибиотика ванкомицина в микроорганизмах начинается с построения пептидной цепи с помощью энзимов, которые способны использовать нестандартные аминокислоты и могут в ходе синтеза подвергать их изомеризации. Эти энзимы состоят из модулей – каждый модуль отвечает за присоединение одной аминокислоты к пептиду. Модуль состоит из нескольких последовательных доменов, имеющих каждый определённую функцию: домен А – обеспечивает селективное узнавание аминокислот, Т – отвечает за связывание аминокислоты или пептидной цепи с энзимом, С – отвечает за образование пептидной связи со следующей аминокислотой и рост пептидной цепи, Е – обеспечивает изменение *R/S*-конфигурации данной аминокислоты при  $\alpha$ -атоме углерода, Те – удаляет пептидную цепь от энзима.

а) В какой конфигурации находятся следующие аминокислоты: *R*- или *S*-? (2)



Hpg, Dpg и  $\beta$ -OH-Cl-Tyr являются нестандартными аминокислотами. Известно, что Hpg является структурным аналогом Tyr, причем  $M(\text{Tyr}) - M(\text{Hpg}) = 14 \text{ г/моль}$ . Dpg является структурным аналогом Hpg с молярной массой на 16 г/моль больше последнего. В Dpg все заместители в фенильном кольце расположены на равном удалении друг от друга. Структура  $\beta$ -OH-Cl-Tyr основана на структуре Tyr, причем к  $\beta$ -атому углерода присоединена гидроксильная группа и фенильное кольцо хлорировано в *o*-положении относительно OH-группы.

б) Нарисуйте структурные формулы Hpg, Dpg и  $\beta$ -OH-Cl-Tyr. (3)

На рисунке снизу приводится порядок расположения модулей энзима, участвующего в синтезе пептидной цепи ванкомицина. Порядок расположения аминокислот в синтезируемом пептиде определяется А-доменом. Синтез пептида происходит в направлении  $N \rightarrow C$  (аминогруппа Leu не принимает участия в образовании пептидной связи). Если в модуле имеется Е-домен, то добавляется аминокислота в *R*-конфигурации. При отсутствии Е-домена добавляется аминокислота в *S*-конфигурации.

в) Нарисуйте плоскостную структурную формулу образующегося пептида и укажите конфигурацию каждой аминокислоты. (6)

