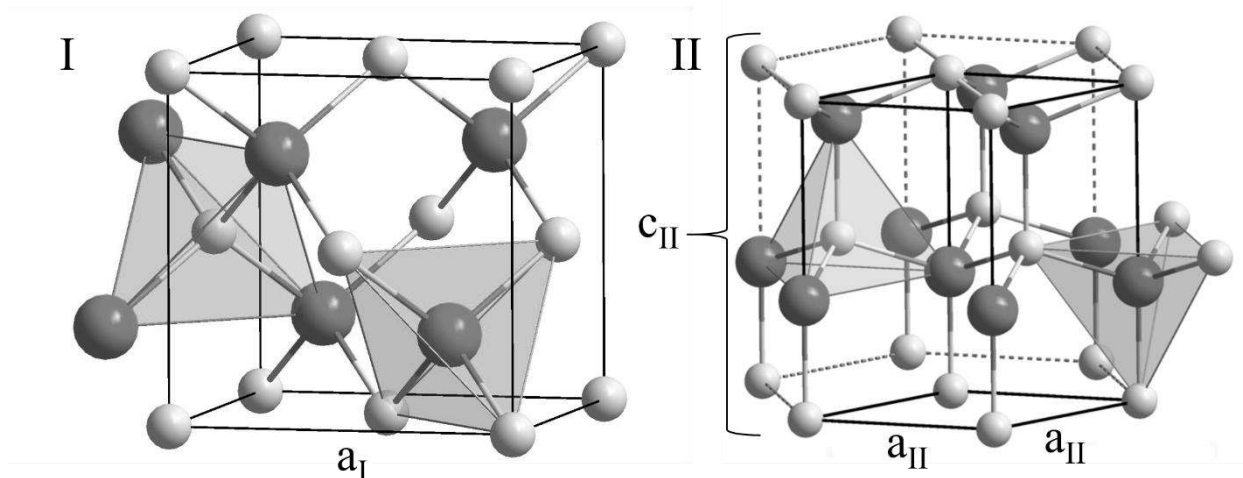


## 10 класс

### 1. «2 структуры» (Глухарев А.Г.) (20 баллов)

Это бинарное соединение встречается в природе в виде двух минералов, имеющих следующие кристаллические структуры: кубическую типа I и гексагональную типа II:



Параметр элементарной ячейки структуры I равен  $a_I = x \text{ \AA}$ , а параметры элементарной ячейки структуры II равны  $a_{II} = 0.7064x \text{ \AA}$  и  $c_{II} = x + 0.849 \text{ \AA}$  соответственно. Известно, что плотность одинакова для обеих кристаллических структур и составляет  $4.09 \text{ г/см}^3$ . Определите стехиометрический состав данного соединения (мольное соотношение элементов), количество формульных единиц для каждой из структур, а также установите точную формулу соединения. Укажите, радиус какого из атомов больше. Ответ поясните.

*Прим.* Площадь ромба вычисляется по формуле  $S_{\text{ромб}} = a^2 \cdot \sin \alpha$ , где  $\alpha$  – угол между сторонами.

### 2. «От атомов к молекулам»

А) Ниже приведены теплоты образования ряда газообразных углеводородов.

| Углеводород                 | пропан | н-бутан | Транс-бутен-2 |
|-----------------------------|--------|---------|---------------|
| $Q_{\text{обр}}$ , кДж/моль | 103,9  | 126,2   | 11,2          |

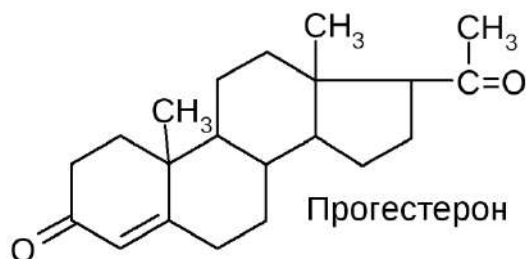
Исходя из этих величин, энергии связи в молекуле водорода ( $435,0 \text{ кДж/моль}$ ) и энергии атомизации графита ( $718 \text{ кДж/моль}$ ), оцените:

- 1) энергию связи C-H
- 2) энергию связи C=C.

Б) Используя полученные данные, табличное значение энергии связи в молекуле кислорода (498,0 кДж/моль) и теплоты образования приведенных ниже кислородсодержащих соединений в газообразном состоянии, оцените энергии связей С-О и О-Н.

| Вещество                    | H <sub>2</sub> O | CH <sub>3</sub> OH | HCOH  |
|-----------------------------|------------------|--------------------|-------|
| Q <sub>обр</sub> , кДж/моль | 242,0            | 200,7              | 115,9 |

В) На рисунке приведена структурная формула прогестерона – одного из биологически активных соединений, играющих существенную роль и в деятельности мозга, и в функционировании репродуктивной системы человека.



Исходя из приведенных ниже средних энергий связи, оцените тепловой эффект реакции полного окисления прогестерона кислородом, если известно, что после приведения продуктов реакции к стандартным условиям объем воды составил 2,0 литра. Укажите, какие приближения Вы использовали при проведении расчета. Обратите внимание, что при изображении структурных формул органических соединений атомы углерода часто не подписывают (они по умолчанию находятся в углах при пересечении линейных участков), валентность углерода равна четырем, оставшиеся валентности заполняются атомами водорода.

*Для справки:* Энергия связи – это энергия, выделяющаяся при взаимодействии одиночных атомов друг с другом.

### 3. «Неорганические аналоги углеводов»

В неорганической химии известны соединения, изоэлектронные углеводам. В частности, соединение **А** изоэлектронно этану, а соединение **Б** изоэлектронно бензолу. **А** и **Б** содержат в своём составе такое же количество атомов водорода, как и изоэлектронные им углеводороды.

- 1) Напишите химические формулы соединений **А** и **Б**, приведите их структурные формулы и опишите (изобразите) их пространственное строение;
- 2) Предложите способы синтеза соединений **А** и **Б**, напишите уравнения соответствующих реакций;
- 3) Сопоставьте физические и химические свойства этана и бензола с соответствующими свойствами изоэлектронных им неорганических соединений **А** и **Б**.
- 4) Какие процессы происходят при длительном хранении соединения **А** на воздухе и при длительном хранении соединения **Б** в инертной атмосфере? Напишите уравнения протекающих реакций.
- 5) Для каких целей могут быть использованы соединения **А** и **Б**?

#### 4. «Все тайное становится явным»

Для очистки железных котлов от ржавчины заводу был предложен патентованный состав на основе одного из полифосфатов натрия (**A**). За раскрытие коммерческой тайны фирмы изготовителя взялись сотрудники заводской лаборатории. Из полученного после обработки котлов раствора ими была выделена фракция, содержащая только полифосфатный комплекс железа (**B**) состава 1:1. Из нее отобрали аликвоту 15 мл и оттитровали 0,1 М раствором нитрилотриуксусной кислоты (при этом образуется комплекс состава 1:1) с кондуктометрической индикацией точки эквивалентности. На титрование пошло 22,5 мл кислоты. Определение содержания фосфора проводилось турбидиметрическим методом (метод количественного анализа, основанный на измерении оптической плотности взвеси определяемого вещества). Для этого пробы объемом по 10 мл стандартных растворов  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  и исследуемого раствора переносили в мерные колбы на 200 мл, обрабатывали избытком горячей баритовой воды, разбавляли раствор до метки и измеряли оптическую плотность полученных суспензий. Результаты приведены ниже в таблице:

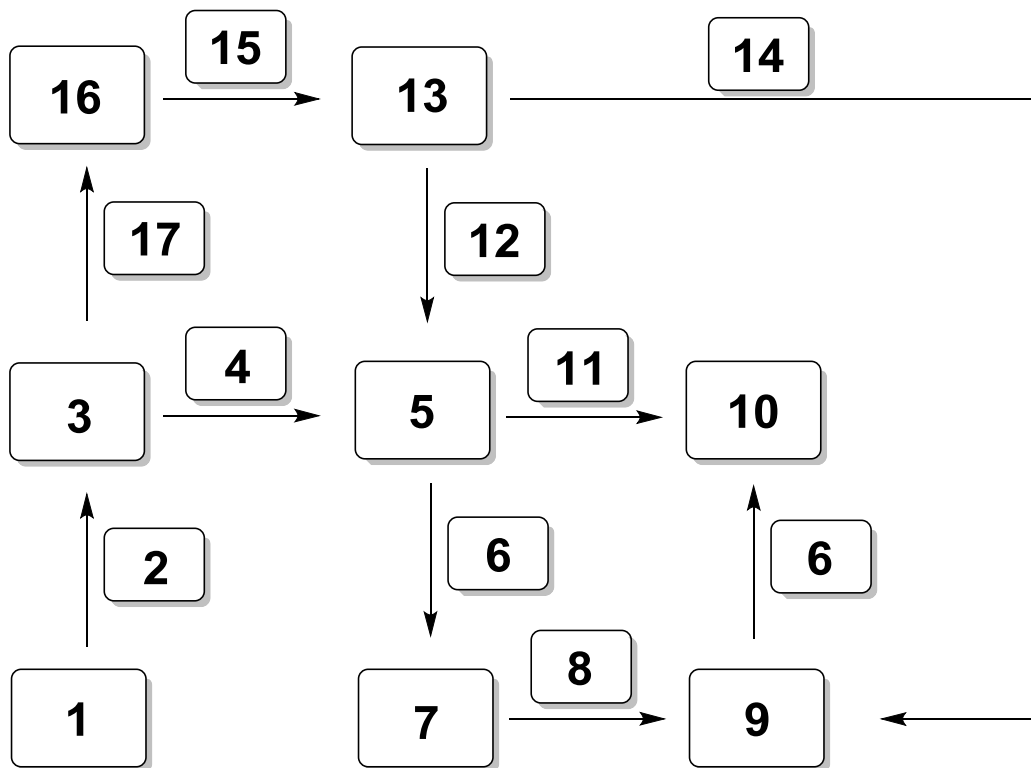
Исходный раствор (раствор до разбавления) Оптическая плотность

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| 0.3 М $\text{Na}_3\text{PO}_4$ | 0.38 |
| 0.4 М $\text{Na}_3\text{PO}_4$ | 0.56 |
| 0.5 М $\text{Na}_3\text{PO}_4$ | 0.74 |
| Исследуемый раствор            | 0.65 |

1. Какой полифосфат натрия был предложен заводу? Приведите его молекулярную формулу и графическую формулу соответствующего аниона. Ответ подтвердите расчетами.
2. Приведите молекулярную формулу полифосфатного комплекса железа **B**. С чем связана его высокая устойчивость? Как Вы полагаете, моно- или полиядерным является данный комплекс? Ответ поясните.
3. Напишите уравнения реакций соли **A** с гидроксидом железа(III) и с горячим раствором гидроксида бария.
4. Предложите схему получения этой соли, которая могла бы быть использована на самом заводе.
5. Напишите формулу нитрилотриуксусной кислоты и уравнение ее реакции с комплексом **B**.

## 5. «Конструктор химических реакций»

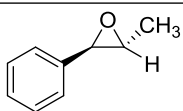
Из предложенного перечня реагентов и катализаторов составьте синтетическую схему превращений.



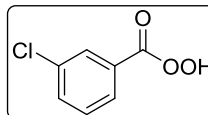
Na, NH<sub>3</sub>, -33°C

1. Br<sub>2</sub>  
2. KOH

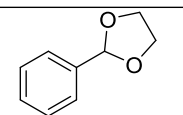
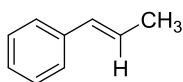
H<sub>2</sub>O, H<sup>+</sup>



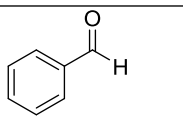
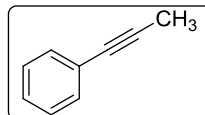
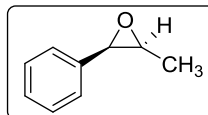
1. BuLi  
2. MeI



H<sub>2</sub>, Pd, хинолин



CBr<sub>4</sub>, PPh<sub>3</sub>



PPh<sub>3</sub>

