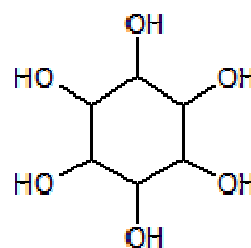


**2012/2013 õ.a. keemia lahtine võistlus**  
**Vanem rühm**

1. 75,0 g teadmata niiskusesisaldusega  $\text{NaHCO}_3$  ja  $\text{K}_2\text{CO}_3$  segu reageeris  $\text{HCl}$  lahusega, mille tulemusena tekkis 19,7 l  $\text{CO}_2$  (1,00 atm, 25° C). Lahuse kuivaksaurutamisel saadi 56,72 g tahket jääki.
- Kirjutage  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCl}$  ja  $\text{CO}_2$  süstemaatilised ja rahvapärased nimetused ning toimunud reaktsioonide võrrandid.
  - Mis värvi on tahke jääk?
  - Arvutage, **i)** mitu mooli  $\text{CO}_2$  tekkis ja **ii)**  $\text{NaHCO}_3$  ja  $\text{K}_2\text{CO}_3$  massivahe-kord segus. **iii)** Milline oli algse segu niiskuse sisaldus?
  - Millises massivahekorras tuleb kokku segada kuiva  $\text{NaHCO}_3$  ja  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , et samal viisil saadud tahke jäägi mass oleks võrdne lähtesegu massiga? **(14)**

2. Juku kuulis tina-mürgituse ohtudest ning otsustas teha endale rodisoonhappe naatriumsoola – ühendit, mida kriminalistid kasutavad tina jääkide määramiseks. Internetist on lihtne leida inositolit (vitamiin B8) sünteesimise juhiseid. Kahjuks ei olnud seal aga öeldud, millist stereoisomeeri peaks sünteesis kasutama, seega otsustas Juku joonistada välja kõik 9.



Inositol

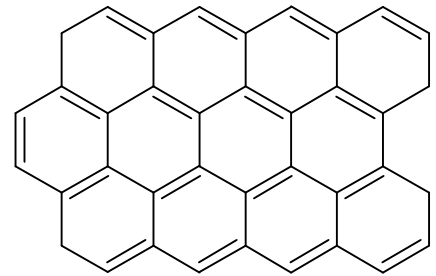
- Joonista kõik **9 isomeeri**. Vihje: miks on 6 optilise tsentri puhul niivõrd vähe isomeere ning millist rolli mängib selles sümmeetria.
  - Kirjutage rodisoonhappe valem teades, et kõik inositolit isomeerid annavad ühe lõpp-produkti ning et tegu on aromaatses ühendiga, kus on ainult kaks kõrvuti asetsevat hüdroksüülrühma.
  - Kirjutage välja rodisoonhappe naatriumsoola ja tina-ioonide vaheline reaktsioon. **(7)**
3. Keemik Marina töötas laboris orgaanilise happega **A**, mille lämmastikusisaldus oli eksperimendi jaoks oluline, kuid kahjuks ei mäletanud ta enam ühendi struktuuri ega nime. Marinal oli meeles, et **A** molaarmass on **212 g/mol**, et ühend on stabiilne ja elektriliselt neutraalne ning lämmastiku massiprotsent ühendis on **5%** ja **25%** vahel.
- Leia, millisesse vahemikku (aatommassiühikutes) võib jääda lämmastiku kogumass ühes ühendi **A** molekulis.
  - Leia, mitu lämmastiku aatomit on ühendi **A** molekulis ning põhjenda vastust, kui hape **A** sisaldab vaid **O**, **C**, **H** ja **N** aatomeid.
  - On teada, et nõrga orgaanilise happe vesilahuse pH-d saab arvutada võrrandist:  $a_3x^3 + a_2x^2 + a_1x + a_0 = 0$ , kus vesinikioonide kontsentratsioon lõpplahuses on  $x$ . Tee sobivaid lihtsustusi ning leia lahuse pH ühe komakohaga, kui on teada, et  $a_3 = 25500$ ;  $a_2 = 5000$ ;  $a_1 = 15$ ;  $a_0 = -0,00155$ .

- d) Vees lahustati **1,00** grammi hapet **A** nii, et hape lahustus täielikult, saadud lahuse ruumala oli **1,00** liitrit ning saadud lahuse pH oli **2,677**. Leia happe **A** dissotsiatsioonikonstant  $K_a$ . **(8)**

4. Süsiniku allotroopide füüsikalised omadused on suuresti määratud vastava allotroobi kristallstruktuuri ning seeläbi ka pakketiheduse poolt\*. Teemant on tihedaim teadaolev süsiniku allotroop.

- a) Arvutage pakketihedus teemantis (protsentides), eeldusel, et teemanti tihedus on **3,50** g/cm<sup>3</sup> ja lähim kaugus süsinikuaatomite tuumade vahel **0,150** nm.

- b) Grafiidis (süsiniku stabiilseim allotroop) asuvad planaarsed grafeenikihid üksteisega kohakuti, ning ruumilist struktuuri hoiavad koos Van der Waalsi jõud. Määrake kaugus grafeenikihtide vahel grafiidis, eeldusel, et grafiidi tihedus on **2,20** g/cm<sup>3</sup> ja lähim kaugus süsinikuaatomite vahel on **0,142** nm.

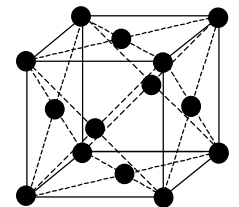


Grafeen

Klaassüsinik on süsiniku allotroop, mis saadakse orgaanilise aine kuumutamisel inertgaasi atmosfääris. Sarnaselt grafiidile on ka klaassüsinikus kõik süsinikuaatomid sp<sup>2</sup> hübridisatsioonis, samas aga ei esine grafiidi-laadset kolmedimensionaalset grafeeni-kihtide korrapära.

- c) Arvutage süsiniku pakketihedus klaassüsinikus. Klaassüsiniku tihedus on **1,45** g/cm<sup>3</sup> ja lähim kaugus süsinikuaatomite vahel on sarnane grafiidiga.

- d) Lähtudes eelnevatest teadmistest ja ülesandes toodud andmetest, otsustage millised eelpool kirjeldatud süsiniku allotroobid juhivad hästi soojust, juhivad elektrit või juhivad mõlemat?



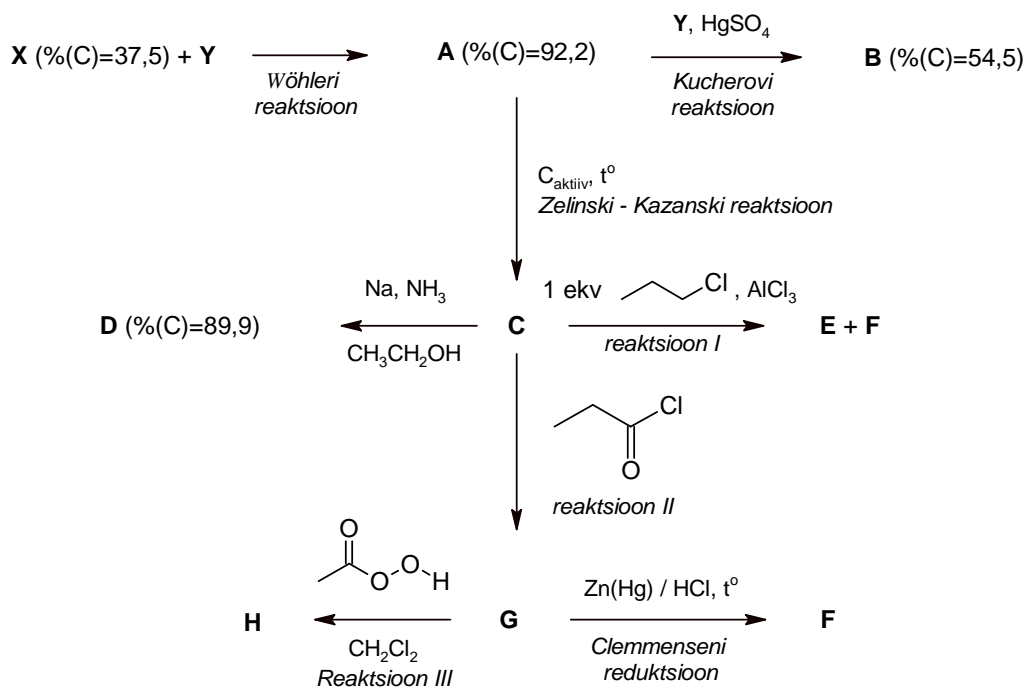
Kõige levinuim fullereen, kerakujuline C<sub>60</sub> moodustab kristallstruktuuri, milles C<sub>60</sub> molekulid on paigutatud tahktsentreeritud kuubilise tihepakendi kristallivõresõlmedesse.

Kuubiline tihepakend

- e) Määrake süsiniku pakketihedus C<sub>60</sub> tahkises ning üksikus C<sub>60</sub> molekulis, eeldades, et vastava tahkise tihedus on 1,65 g/cm<sup>3</sup> ja lähim kaugus süsinikuaatomite vahel sarnane grafiidiga.

\*Pakketihedus näitab materia mahutamise efektiivsust ruumis. Näiteks on kera mahutamisel kuupi, mille küljepikkus ühtib kera läbimõõduga pakketihedus võrdne 52%-ga. **(10)**

## 5. Nimelised reaktsioonid



On teada, et **A** on süsivesinik ning **X** ja **Y** on binaarsed anorgaanilised ained. Ühend **C** tekib trimerisatsiooni käigus ning reaktsioonil peroksühappega toimub hapniku sisestamine C-C sidemesse.

- Leidke arvutuste abil **A**, **B**, **D** ja **X** valemid.
- Kirjutage **C**, **E** – **H**, **Y** struktuurvalemid (**E** + **F** on isomeeride segu).
- Kirjutage reaktsioonide **I** - **III** nimed. (12)

6. Ainetest, mis osalevad all toodud reaktsioonides on teada, et: **W**, **X**, **Y**, **Z** on lihtained ja **Y**, **W** on gaasid. Kõigis ühendites on ainult esimese kolme perioodi elemendid ning ühendi **D** molekulmass on 184,28.

- $X + 4Y = 4A$
- $A + Y = 2B$
- $2[(CH_3)_3Si]_2NLi + B = \{[(CH_3)_3Si]_2N\}_2S + 2G$
- $8A + nX = 8C$  ( $n$  – naturaalarv)
- $W + Y = 2F$
- $2Z + 2F = 2G + W$
- $2Z + 2NH_3 = 2H + W$
- $F + NH_3 = E$
- $24B + 64NH_3 = 4D + X + 48E$
- $4E + 6A = D + 16F + X$
- $H + 2F = G + E$
- $4NH_3 + 3Y = I + 3E$

a) Tooge ühendite **A**- **I**, **W**, **X**, **Y**, **Z** valemid. (9)

## ОТКРЫТЫЕ СОРЕВНОВАНИЯ ПО ХИМИИ

Старшая группа (11 и 12 класс)

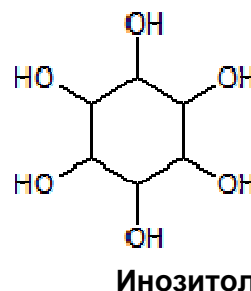
Таллинн, Тарту, Курессааре, Нарва, Пярну, Кохтла-Ярве

10 ноября 2012

1. 75,0 г смеси  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{K}_2\text{CO}_3$  с неизвестным содержанием влаги прореагировало с раствором  $\text{HCl}$ , в результате чего образовалось 19,7 л  $\text{CO}_2$  (1,00 атм,  $25^\circ\text{C}$ ). При выпаривании образовавшегося раствора получили 56,72 г сухого осадка.

- Напишите систематические и тривиальные названия  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCl}$  и  $\text{CO}_2$ , а также уравнения происходящих реакций.
- Какого цвета твердый осадок?
- Рассчитайте i) сколько молей  $\text{CO}_2$  образовалось и ii) соотношение масс  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{K}_2\text{CO}_3$  в полученной смеси. iii) Каково содержание влаги в исходной смеси?
- В каком соотношении необходимо смешать сухие  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , чтобы масса сухого осадка, полученного данным способом была равна массе исходной смеси. (14)

2. Юку слышал об опасностях отравления оловом и решил сделать себе нариевую соль родизоновой кислоты, вещество, которое криминалисты используют для определения олова. Из интернета он запросто нашел описание приготовления инозитола (витамина В). К сожалению, в руководстве не было написано какой стереоизомер инозитола использовать для синтеза и поэтому Юку решил нарисовать структуры всех 9 изомеров.



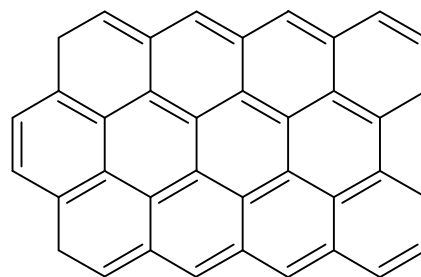
- Нарисуйте формулы всех 9 изомеров. Подсказка: почему при наличии 6 оптических центров в молекуле она имеет только 9 изомеров и какую роль в этом играет симметрия?
- Приведите формулу родизоновой кислоты, принимая во внимание то, что все изомеры инозитола дают одинаковый конечный продукт. Родизоновая кислота – ароматическое соединение, в котором только 2 гидроксильные группы у соседних атомов углерода.
- Напишите реакцию между натриевой солью родизоновой кислоты и ионами олова. (7)

3. Химик Марина работала в лаборатории с органической кислотой А, содержание азота в которой было важно для эксперимента, но Марина забыла и название и структуру вещества. Она помнила, что молярная масса вещества А 212 г/моль, вещество стабильно и электронейтрально и содержание азота в нем между 5% и 25%.

- a) Найдите в каком промежутке (в атомных единицах массы) находится масса всех атомов азота в 1 молекуле вещества **A**.
- b) Сколько атомов азота в одной молекуле вещества **A**. Обоснуйте ответ, если вещество **A** содержит только атомы **O**, **C**, **H** и **N**.
- c) Известно, что pH раствора органической кислоты можно рассчитать из уравнения  $a_3x^3 + a_2x^2 + a_1x + a_0 = 0$ , где  $x$  – концентрация ионов водорода в полученном растворе. Сделав необходимые упрощения, рассчитайте pH раствора с точностью до десятых, если известно, что  $a_3 = 25500$ ;  $a_2 = 5000$ ;  $a_1 = 15$ ;  $a_0 = -0,00155$ .
- d) В воде растворили **1,00** грамма кислоты **A** и чтобы кислота полностью растворилась объем раствора довели до **1,00** литра. pH полученного раствора был **2,677**. Найдите константу диссоциации  $K_a$  для кислоты **A**. (8)

4. Физические свойства аллотропов углерода в большой мере определяются кристаллической структурой и плотностью упаковки\* данного аллотропа. Алмаз – самый плотный из известных аллотропов углерода.

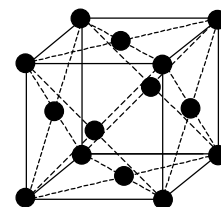
- a) Рассчитайте плотность упаковки в алмазе, если плотность алмаза **3,50** г/см<sup>3</sup> и наименьшее расстояние между атомами углерода **0,150** нм.



- b) В графите (наиболее стабильный аллотроп углерода) плоские слои графена располагаются друг над другом и удерживаются вместе Ван дер Ваальсовским притяжением. Определите расстояние между слоями графена в графите, если плотность графита **2,20** г/см<sup>3</sup> и наименьшее расстояние между атомами углерода **0,142** нм.

Графен

Стеклоуглерод – это аллотроп углерода, который получают прокаливанием органических веществ в атмосфере инертного газа. Также как в графите, все атомы в стеклоуглероде в  $sp^2$  гибридизации, но отсутствует трехмерная упорядоченность слоев, свойственная графиту.



Кубическая плотнейшая упаковка

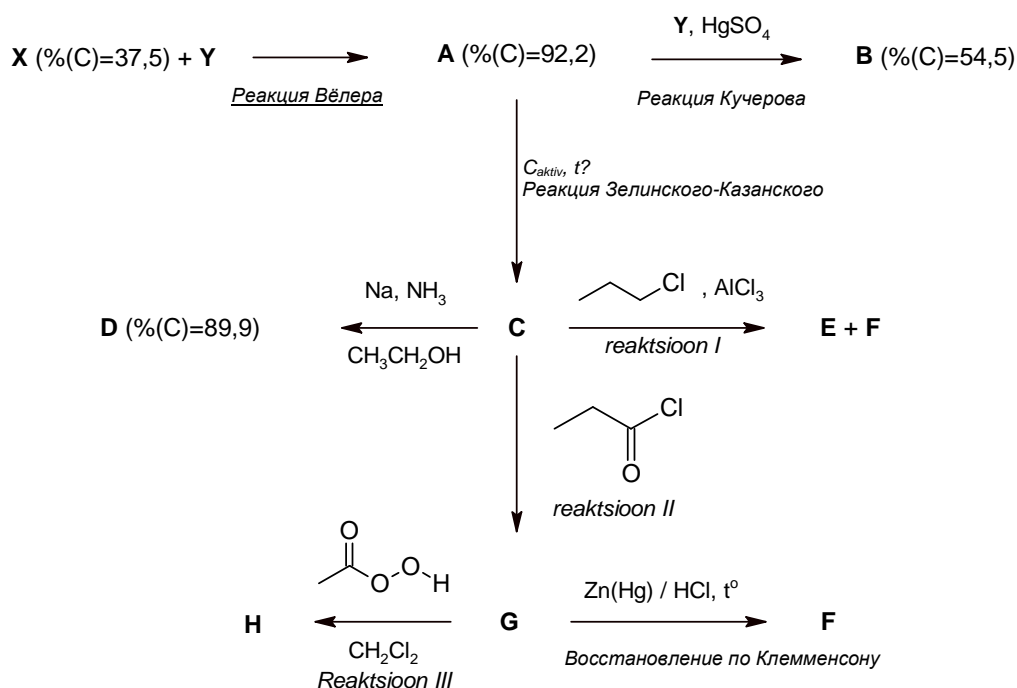
- c) Рассчитайте плотность упаковки в стеклоуглероде, если его плотность **1,45** г/см<sup>3</sup> и расстояние между атомами такое же как в графите.
- d) Основываясь на собственных знаниях и учитывая данные приведенные в задаче, обоснуйте, какие из вышеприведенных аллотропов углерода хорошо проводят тепло, электричество или и тепло и электричество?

Самый распространенный фуллерен  $C_{60}$  образует кристаллическую решетку, в которой молекулы  $C_{60}$  располагаются в узлах гранцентрированной кубической решетки.

е) Определите плотность упаковки углерода в кристалле фуллерена и в молекуле фуллерена, учитывая, что плотность кристалла  $1,65 \text{ г/см}^3$  и расстояние между атомами такое же как в графите.

\*Плотность упаковки показывает эффективность упаковки материи в пространстве. Например, для шара, помещенного в куб, длина грани которого равна диаметру шара, плотность упаковки 52%. **(10)**

## 5. Именные реакции



Известно, что **A** – углеводород и **X** и **Y** – неорганические вещества. Вещество **C** образуется в результате тримеризации, а в реакции с перокси кислотой происходит включение кислорода в связь C-C.

а) С помощью расчетов найдите формулы веществ **A**, **B**, **D** и **X**.

б) Напишите структурные формулы веществ **C**, **E** – **H**, **Y** (**E + F** – это смесь изомеров).

в) Напишите названия реакций **I** - **III**. **(12)**

6. О веществах которые участвуют в нижеприведенных реакциях известно, что **W**, **X**, **Y**, **Z** – простые вещества, **Y**, **W** – газы. В веществах содержатся только атомы первых 3 периодов и молекулярная масса **D** 184,28.

- 1)  $X + 4Y = 4A$
- 2)  $A + Y = B$
- 3)  $2[(CH_3)_3Si]_2NLi + B = \{[(CH_3)_3Si]_2N\}_2S + 2G$

4)  $8A + nX = 8C$  ( $n$  – натуральное число)

5)  $W + Y = 2F$

6)  $2Z + 2F = 2G + W$

7)  $2Z + 2NH_3 = 2H + W$

8)  $F + NH_3 = E$

9)  $24B + 64NH_3 = 4D + X + 48E$

10)  $4E + 6A = D + 16F + X$

11)  $H + 2F = G + E$

12)  $4NH_3 + 3Y = I + 3E$

a) Напишите формулы веществ **A- I, W, X, Y, Z.**

**(9)**