

Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета  
по предмету «Химия»  
Очный тур  
2015-2016 учебный год

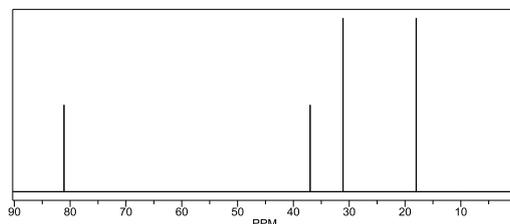
10 класс



**I. Задача про коэффициенты реакций (20 баллов).**

Завершите уравнения окислительно-восстановительных реакций, указав их продукты и расставив стехиометрические коэффициенты:

1.  $\text{Br}_2 + \text{NH}_3$  (избыток)  $\rightarrow$
2.  $\text{H}_2\text{SeO}_3 + \text{HOCl}$   $\rightarrow$
3.  $\text{Cu}_2\text{S} + \text{HNO}_3$  (конц.)  $\rightarrow$
4.  $\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{Cl}_2 + \text{KOH}$   $\rightarrow$
5.  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$   $\rightarrow$
6.  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{I}_2$   $\rightarrow$
7.  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$   $\rightarrow$
8.  $\text{CH}_3\text{CHO} + [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$   $\rightarrow$
9.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} + \text{HNO}_3$  (конц.)  $\rightarrow$
10.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO} + \text{KOH}$   $\rightarrow$



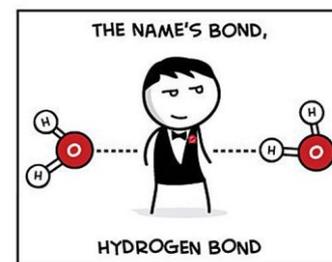
**II. Задача про свободнорадикальное хлорирование (20 баллов).**

Углеводород **X** на 83,62% (по массе) состоит из углерода. В составе этого углеводорода имеется два третичных атома углерода, плотность его паров (в пересчете на нормальные условия) составляет 3,84 г/л.

- ?1. Определите молекулярную формулу углеводорода **X**.
- ?2. Запишите структурную формулу углеводорода **X**, назовите его по систематической номенклатуре.

При взаимодействии **X** с хлором образуется два монохлорпроизводных **A** и **B**.

- ?3. Изобразите структурные формулы соединений **A** и **B**.
- Скорость хлорирования первичной связи C–H и третичной связи C–H соотносятся как 1:7.
- ?4. Рассчитайте процентное содержание веществ **A** и **B** в их смеси, образующейся после хлорирования **X** (образованием сопутствующих органических веществ вследствие протекания побочных реакций пренебрегаем).



### III. Задача о влиянии водородной связи на свойства веществ (20 баллов).

Водородная связь – форма ассоциации между электроотрицательным атомом и атомом водорода Н, связанным ковалентно с другим электроотрицательным атомом, например, О, N, F. Это создает заметный частичный положительный заряд на атомах водорода. С другой стороны, важно, чтобы у электроотрицательных атомов были неподеленные электронные пары. Когда обедненный электронами атом водорода одной молекулы (акцептор) взаимодействует с неподеленной электронной парой на атоме N, O или F другой молекулы (донор), то возникает связь, похожая на полярную ковалентную.

Водородная связь – вид химического внутри- или межмолекулярного взаимодействия атомов, отличающийся тем, что существенное участие в нём принимает атом водорода (Н), уже связанный ковалентной связью с другим атомом (А). Группа А-Н одной молекулы (или её части) выступает донором протона (акцептором электрона), а группа (или атом) другой молекулы (или её части) В – донором электрона (акцептором протона). Иначе говоря, группа А-Н проявляет функцию кислоты, а группа В – основания. Для обозначения водородной связи употребляют, в отличие от обычной валентной чёрточки, пунктир, т.е. А-Н···В.

К образованию водородной связи способны группы А-Н, где А – атомы О, N, F, Cl, Br и, в меньшей мере, С и S. В качестве второго, электронодонорного центра В могут выступать те же атомы О, N, S разнообразных функциональных групп, анионы F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup> и др., в меньшей мере – ароматические кольца и кратные связи. Если А-Н и В принадлежат отдельным (разнородным или идентичным) молекулам, то водородную связь называют межмолекулярной, а если они находятся в разных частях одной молекулы, – внутримолекулярной.

От общих для всех веществ ван-дер-ваальсовых сил взаимного притяжения молекул водородная связь отличается направленностью и насыщенностью, т.е. качествами обычных (валентных) химических связей. Водородная связь не сводится, как ранее считали, к электростатическому притяжению полярных групп А-Н и В, а рассматривается как донорно-акцепторная химическая связь. По своим энергиям, обычно 3-8 ккал/моль, водородная связь занимает промежуточное положение между ван-дер-ваальсовыми взаимодействиями (доли ккал/моль) и типичными химическими связями (десятки ккал/моль) (1 ккал = 4,19·10<sup>3</sup>·Дж).

Наиболее распространены межмолекулярные водородные связи. Они приводят к ассоциации одинаковых или разнородных молекул в разнообразные агрегаты-комплексы с водородными связями, или Н-комплексы, которые при обычных условиях находятся в быстро устанавливаемом равновесии. При этом возникают как бинарные комплексы (кислота – основание и циклические димеры), так и большие образования (цепи, кольца, спирали, плоские и пространственные сетки связанных молекул). Наличием таких водородных связей обусловлены свойства различных растворов и жидкостей (в первую очередь, воды и водных растворов, ряда технических полимеров – капрона, нейлона и т.д.), а также кристаллическая структура многих молекулярных кристаллов и кристаллогидратов неорганических соединений, в том числе, разумеется, и льда. Точно также водородная связь существенно определяет структуру белков, нуклеиновых кислот и других биологически важных соединений и поэтому играет важнейшую роль в химии всех жизненных процессов. Вследствие всеобщей распространённости водородной связи её роль существенна и во многих других областях химии

и технологии (процессы перегонки, экстракции, адсорбции, хроматографии, кислотно-основные равновесия, катализ и т.д.).

?1. Некоторые из нижеприведенных соединений участвуют в образовании водородных связей, что влияет на их температуру кипения. Какое вещество в каждой паре более высококипящее? Ответ поясните.

А)  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ ,  $\text{CH}_3\text{CHO}$ ; Б)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ ; С) 2-НОС<sub>6</sub>Н<sub>4</sub>СНО, 3-НОС<sub>6</sub>Н<sub>4</sub>СНО.

?2. Посредством водородной связи между молекулами спирта и фенола могут образовываться различные типы димерных ассоциатов. Изобразите возможные типы димеров в спиртовом растворе фенола. В каком случае водородная связь наиболее прочная?

?3. Как изменяется кислотность 2-, 3-, 4-гидроксиацетофенонов (2-НОС<sub>6</sub>Н<sub>4</sub>С(О)СН<sub>3</sub>, 3-НОС<sub>6</sub>Н<sub>4</sub>С(О)СН<sub>3</sub>, 4-НОС<sub>6</sub>Н<sub>4</sub>С(О)СН<sub>3</sub>) по сравнению с фенолом? Какое влияние оказывает на кислотность внутримолекулярная водородная связь?



#### IV. Задача про топливо для космических челноков (20 баллов).

Для работы ракетных двигателей американских космических челноков, позволявших корректировать последнюю стадию полета этих космических кораблей – вход в атмосферу Земли и посадку, использовалась взрывоопасная смесь мелкоизмельченного перхлората аммония и алюминиевой пудры.

?1. Почему уменьшение размеров частиц перхлората аммония и алюминия в смеси увеличивает ее взрывоопасность?

?2. Определите степени окисления азота и хлора в перхлорате аммония.

?3. Предположив, что при сгорании этой смеси образуются только азот, вода, хлорид и оксид алюминия, запишите уравнение горения топливной смеси.

?4. Рассчитайте, сколько молей газа (при горении в топливной системе шаттла) образуется при сгорании топлива, содержащего 1 тонну алюминия и соответствующее количество перхлората аммония?

?5. Какую проблему окружающей среды связывали именно с этой топливной системой шаттлов?



#### V. Задача про сжигание калорий (20 баллов).

Теплота образования  $Q^\circ$  вещества – тепловой эффект реакции образования 1 моля соединения из простых веществ в стандартных условиях, теплота образования простых веществ принимается за ноль. Тепловой эффект химической реакции можно вычислить, сложив теплоты

образования продуктов реакции (с учетом того, сколько их молей образовалось) и вычтя из этой суммы теплоты образования исходных веществ (тоже с учетом того, сколько их было израсходовано в реакции). Даны следующие теплоты образования:

Вещество	$Q^\circ$
Углекислый газ $\text{CO}_2$	394 кДж/моль
Вода $\text{H}_2\text{O}$	286 кДж/моль
Глюкоза $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	1260 кДж/моль
Сахароза $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	2221 кДж/моль

1. Запишите уравнения сгорания глюкозы и сахарозы.
2. Определите тепловые эффекты сгорания 1 моля глюкозы и 1 моля сахарозы.
3. Определите, сколько энергии выделяется при сгорании 1 грамма глюкозы и 1 грамма сахарозы.

		Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева										VII (H)		VIII	
1	1	I										2	He		
		II		III		IV		V		VI			2		
1	1	<b>H</b> 1 водород	<b>Li</b> 3 литий	<b>Be</b> 4 бериллий	<b>B</b> 5 бор	<b>C</b> 6 углерод	<b>N</b> 7 азот	<b>O</b> 8 кислород	<b>F</b> 9 фтор	<b>Ne</b> 10 неон	 Периодический закон открыт Д.И. Менделеевым в 1869 г.				
2	2	<b>Na</b> 11 натрий	<b>Mg</b> 12 магний	<b>Al</b> 13 алюминий	<b>Si</b> 14 кремний	<b>P</b> 15 фосфор	<b>S</b> 16 сера	<b>Cl</b> 17 хлор	<b>Ar</b> 18 аргон	<b>Co</b> 27 кобальт			<b>Ni</b> 28 никель		
3	3	<b>K</b> 19 калий	<b>Ca</b> 20 кальций	<b>Sc</b> 21 скандий	<b>Ti</b> 22 титан	<b>V</b> 23 ванадий	<b>Cr</b> 24 хром	<b>Mn</b> 25 марганец	<b>Fe</b> 26 железо	<b>Co</b> 27 кобальт	<b>Ni</b> 28 никель				
4	4	<b>Cu</b> 29 медь	<b>Zn</b> 30 цинк	<b>Ga</b> 31 галлий	<b>Ge</b> 32 германий	<b>As</b> 33 мышьяк	<b>Se</b> 34 селен	<b>Br</b> 35 бром	<b>Kr</b> 36 криптон						
5	5	<b>Rb</b> 37 рубидий	<b>Sr</b> 38 стронций	<b>Y</b> 39 иттрий	<b>Zr</b> 40 цирконий	<b>Nb</b> 41 ниобий	<b>Mo</b> 42 молибден	<b>Tc</b> 43 технеций	<b>Ru</b> 44 рутений	<b>Rh</b> 45 родий	<b>Pd</b> 46 палладий				
6	6	<b>Ag</b> 47 серебро	<b>Cd</b> 48 кадмий	<b>In</b> 49 индий	<b>Sn</b> 50 олово	<b>Sb</b> 51 сурьма	<b>Te</b> 52 теллур	<b>I</b> 53 йод	<b>Xe</b> 54 ксенон						
7	7	<b>Cs</b> 55 цезий	<b>Ba</b> 56 барий	<b>La*</b> 57 лантан	<b>Hf</b> 72 гафний	<b>Ta</b> 73 тантал	<b>W</b> 74 вольфрам	<b>Re</b> 75 рений	<b>Os</b> 76 осмий	<b>Ir</b> 77 иридий	<b>Pt</b> 78 платина				
8	8	<b>Au</b> 79 золото	<b>Hg</b> 80 ртуть	<b>Tl</b> 81 таллий	<b>Pb</b> 82 свинец	<b>Bi</b> 83 висмут	<b>Po</b> 84 полоний	<b>At</b> 85 астат	<b>Rn</b> 86 радон						
9	9	<b>Fr</b> 87 франций	<b>Ra</b> 88 радий	<b>Ac**</b> 89 актиний	<b>Rf</b> 104 резерфордий	<b>Db</b> 105 дубний	<b>Sg</b> 106 сигборгий	<b>Bh</b> 107 борий	<b>Hs</b> 108 гасий	<b>Mt</b> 109 майгтерний	<b>Ds</b> 110 дармштадтий				
10	10	<b>Rg</b> 111 ренгений	<b>Uub</b> 112 унубий	<b>(Uut)</b> 113 унунтрий	<b>(Uuq)</b> 114 унунквадий	<b>(Uup)</b> 115 унунпентий	<b>(Uuh)</b> 116 унунгексий	<b>(Uus)</b> 117 унунсептий	<b>(Uuo)</b> 118 унуноктий						

\* Лантаноиды

<b>Ce</b> 58 140,12 церий	<b>Pr</b> 59 140,9077 празеодим	<b>Nd</b> 60 144,24 неодим	<b>Pm</b> 61 [145] прометий	<b>Sm</b> 62 150,36 самарий	<b>Eu</b> 63 151,96 европий	<b>Gd</b> 64 157,25 гадолиний	<b>Tb</b> 65 158,9254 тербий	<b>Dy</b> 66 162,50 диспрозий	<b>Ho</b> 67 164,9304 гольмий	<b>Er</b> 68 167,26 эрбий	<b>Tm</b> 69 168,9342 тулий	<b>Yb</b> 70 173,04 иттербий	<b>Lu</b> 71 174,967 лютеций
---------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

\*\* Актиноиды

<b>Th</b> 90 232,0381 торий	<b>Pa</b> 91 [231] протактиний	<b>U</b> 92 238,0289 уран	<b>Np</b> 93 [237] нептуний	<b>Pu</b> 94 [244] плутоний	<b>Am</b> 95 [243] амерсий	<b>Cm</b> 96 [247] курий	<b>Bk</b> 97 [247] берклий	<b>Cf</b> 98 [251] калifornий	<b>Es</b> 99 [252] эйнштейний	<b>Fm</b> 100 [257] фермий	<b>Md</b> 101 [258] менделевий	<b>No</b> 102 [259] нобелий	<b>Lr</b> 103 [260] лоуренсий
-----------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

Целое число в скобках – массовое число наиболее устойчивого изотопа