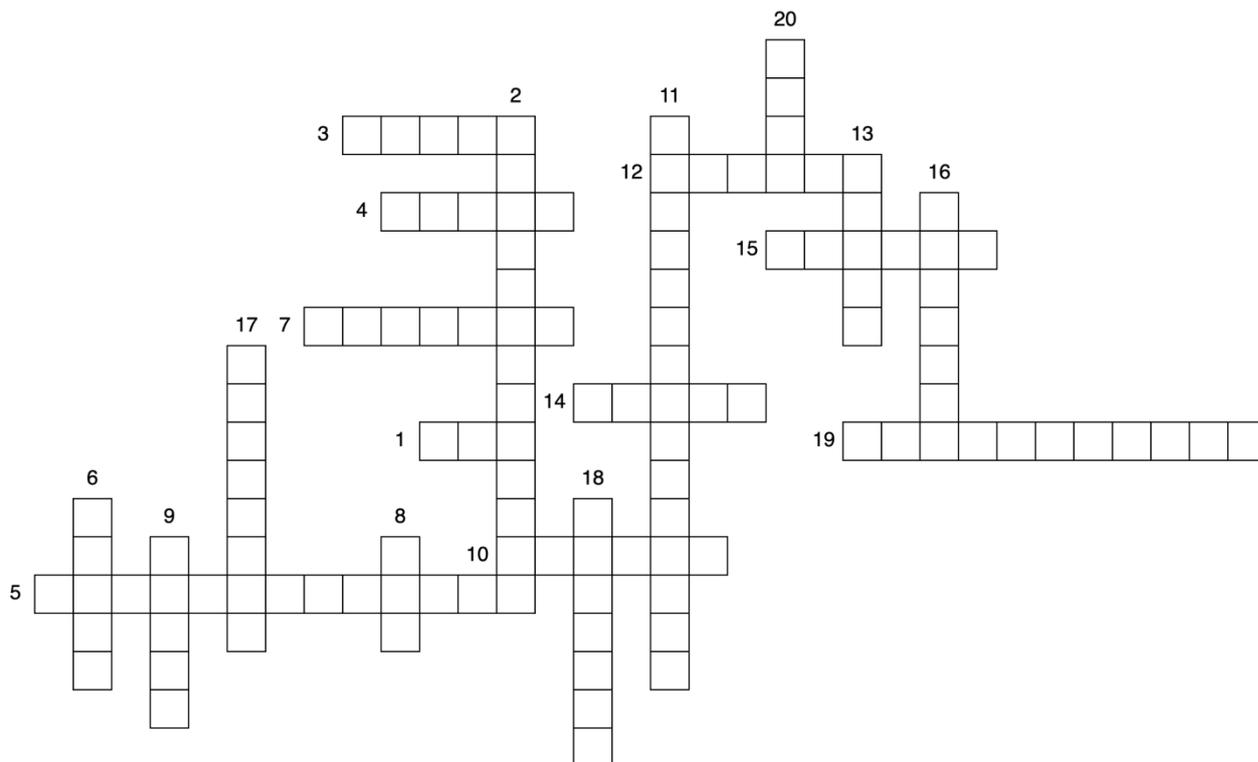


**Решение задачи №1 (Кулинич Я.А.)**



1. ДНК
  2. Спектроскопия
  3. Осмос
  4. Хабер (*Габер*)
  5. Флюоресценция
  6. Белок
  7. Селитра
  8. РНК
  9. Фотон
  10. Изотоп
  11. Радиоактивность
  12. Аммиак
  13. Квант
  14. Литий
  15. Графен
  16. Фермент
  17. Фуллерен
  18. Полимер
  19. Катализатор
  20. Кюри
- Критерии оценивания:

Пункт	Балл
1. Каждое правильно отвеченное слово – 1 балл.	20 баллов
<b>ИТОГО:</b>	<b>20 баллов</b>

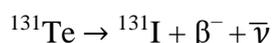
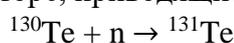
## Решение задачи №2 (Просвирин А.П.)

1. Известно, что морские водоросли богаты иодом, находящимся в них в форме иодатов. Бернар Куртуа открыл иод в 1811 году, выделив его из золы морских водорослей. До иода можно дойти, используя подсказку про спиртовой раствор **Y**, что однозначно указывает на спиртовой раствор иода, имеющийся у многих в домашней аптечке. Имеем, что **Y** – **I<sub>2</sub>**.

Про **X** известно, что он используется для диагностики и лечения рака щитовидной железы. Щитовидная железа активно поглощает иод, поэтому радиоактивные изотопы иода используются в медицине, что согласуется также с информацией про схожесть химических свойств с **I<sub>2</sub>**. Но иод в природе есть, а про **X** известно, что он не встречается в природе. Тогда делаем вывод, что **X** – это искусственный изотоп йода. Наиболее известный радиоактивный изотоп иода – иод-131, поэтому **Y** – <sup>131</sup>**I<sub>2</sub>**. Оба являются изотопами иода. Пример похожих веществ с разными названиями: **протий** (<sup>1</sup>**H**) и **дейтерий** (<sup>2</sup>**H**) — изотопы водорода.

Элемент, названный в честь Земли, – теллур **Te**.

Реакции, протекающие в реакторе, приводящие к образованию <sup>131</sup>**I**:



2. Открытие Анри Беккереля называется **радиоактивность**. В 1896 году он обнаружил, что урановые соли самопроизвольно испускают невидимое излучение, способное засвечивать фотопластинки. Это явление положило начало изучению радиоактивности. Физическая величина, названная в честь Беккереля — беккерель (Бк). Она служит единицей измерения **активности радиоактивного источника** в системе СИ и соответствует одному распаду атомного ядра в секунду.

3. Из методики приготовления известно, что раствор Люголя содержит 5% иода по массе, 10% чистого **Z** по массе и 85% воды. Тогда для приготовления 150 грамм раствора необходимо взять:

$$m(\text{I}_2) = 150 \times 0.05 = 7.5 \text{ г.}$$

$$m(\text{Z}) = 150 \times 0.1 = 15 \text{ г.}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 150 \times 0.85 = 127.5 \text{ г.}$$

Теперь необходимо учесть, что для приготовления раствора мы используем 5% раствор **Z**:

$$m(\text{раствора } Z) = \frac{m(\text{Z})}{0.05} = \frac{15}{0.05} = 100 \text{ г.}$$

Этот раствор уже содержит воду, которую необходимо учесть при расчете добавочной воды

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{p-p}} = 100 - 15 = 85 \text{ г.}$$

Итого нам необходимо взять следующие реактивы:

$$m(\text{I}_2) = 7.5 \text{ г.}$$

$$m(\text{раствора } Z) = 100 \text{ г.}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 127.5 - 85 = 42.5 \text{ г.}$$

4. Теперь приступим к определению формулы **Z**. Известно, что вещество бинарное, поэтому можем записать формулу **Z** в общем виде как **ЭI<sub>n</sub>**. Сможем рассчитать состав по массовой доле:

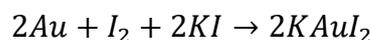
$$\omega(I) = \frac{127n}{127n + M(\text{Э})} = 0.765$$

При  $n=1$ , получаем  $M(\text{Э}) = 39$ , что соответствует молярной массе калия.  
Следовательно, **Z — KI**.

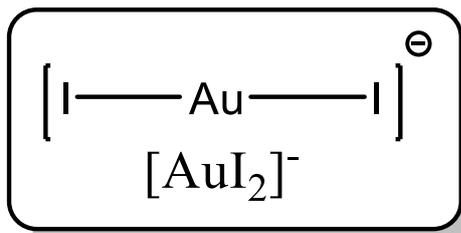
Реакция в растворе Люголя:



Реакция травления золота:



5. Структурная формула  $[AuI_2]^-$ :



Критерии оценивания:

Пункт	Балл
1. Определение <b>X</b> и <b>Y</b> по 3 балла каждый. Указание на изотопы – 1 балл, пример именных изотопов – 1 балл.	8 баллов
2. Ответ про открытие – 1 балл, про размерность – 1 балл.	2 балла
3. Верный расчет необходимых количеств – 4 балла, если не учтено, что <b>Z</b> находится в растворе – 1 балл.	4 балла
4. Определение <b>Z</b> – 1 балл. Уравнения реакций по 2 балла.	5 баллов
5. Правильная линейная структурная формула – 1 балл. Уголковая структурная формула оценивается в 0 баллов.	1 балл
<b>ИТОГО:</b>	<b>20 баллов</b>

### Решение задачи №3 (Вампилова А.М.)

1. Муриевая кислота получается напрямую из простого вещества **X** в результате его взаимодействия с водородом. Подобные реакции характерны для галогенов. Приняв это к сведению и внимательно изучив цепочку, заметим вещество **C**, которое является бинарным. В его состав входит элемент **X** и серебро, значит можно определить **X** по массовой доле.

В большинстве соединений серебро проявляет степень окисления +1, значит формулу неизвестного вещества **C** можно записать как  $\text{Ag}_n\text{X}$ .

На основании этой формулы запишем выражение для вычисления массовой доли серебра в соединении:

$$\omega(\text{Ag}) = \frac{M_{\text{Ag}} \cdot n}{M_{\text{C}}} = \frac{108 \cdot n}{108 \cdot n + M_{\text{X}}} = 0,7526$$

Выразим  $M_{\text{X}}$  через  $n$ :

$$\frac{108 \cdot n}{0,7526} = 108 \cdot n + M_{\text{X}}$$

$$M_{\text{X}} = 35,5 \cdot n$$

Перебирая натуральные значения  $n$  получаем следующие варианты:

$$M_{\text{X}} = 35,5 \text{ г/моль}; \text{X} = \text{Cl} \text{ при } n = 1$$

$$M_{\text{X}} = 106,5 \text{ г/моль}; \text{X} = \text{Pd} \text{ при } n = 3$$

Очевидно, что подходит лишь первый вариант, учитывая отраженные на схеме свойства. Таким образом, элемент **X** – Cl, простое вещество **X** –  $\text{Cl}_2$ . Вещество **C** –  $\text{AgCl}$ .

Вернемся к определению вещества **I** (муриевой кислоты) и черной магнезии. **I** образуется в реакции  $\text{Cl}_2$  с водородом и не может быть ничем иным, кроме  $\text{HCl}$ . Формулу черной магнезии можно вывести, зная, что это бинарное вещество, содержащее кислород (скорее всего – оксид какого-то металла, обозначим его  $M_{\text{e}}$ ):

Общая формула оксидов:  $M_{\text{e}}_2\text{O}_n$ . Выражение для массовой доли кислорода будет выглядеть следующим образом:

$$\omega(\text{O}) = \frac{n \cdot M_{\text{O}}}{2 \cdot M_{M_{\text{e}}} + n \cdot M_{\text{O}}} = \frac{n \cdot 16}{2 \cdot M_{M_{\text{e}}} + n \cdot 16} = 0,3678$$

Выразим  $M_{M_{\text{e}}}$  через  $n$ :

$$\frac{n \cdot 16}{0,3678} = 2 \cdot M_{M_{\text{e}}} + n \cdot 16$$

$$27,5 \cdot n = 2M_{M_{\text{e}}}$$

$$M_{M_{\text{e}}} = 13,25n$$

При переборе значений  $n$  для  $n = 4$  получим  $M_{M_{\text{e}}} = 55 \text{ г/моль}$ .  $M_{\text{e}}$  – Mn, формула черной магнезии –  $\text{MnO}_2$ .

Уравнение реакции:



2. Гипохлорит натрия применяется в качестве отбеливателя и средства для дезинфекции

Хлорат калия применяется в пиротехнике, а ранее использовался для получения кислорода

3.  $\text{AgCl}$  получается из **A**, которое также является бинарным. Достаточно логично, что **A** – хлорид, что подтверждает и реакция  $\text{Cl}_2$  с  $\text{KOH}$  при нагревании, одним из продуктов которой является хлорид калия. **A** –  $\text{KCl}$ .

Уравнение реакции:



**B** –  $\text{KClO}_3$

Разложение хлората калия с использованием катализатора и без него приводит к разным продуктам:  $\text{KCl}$  и  $\text{O}_2$  в первом случае и  $\text{KCl}$  и  $\text{KClO}_4$  во втором. Таким образом, вещество **F** –  $\text{KClO}_4$ . При взаимодействии с концентрированной серной кислотой оно даст **G** –  $\text{HClO}_4$ , которая в свою очередь реагирует с  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  с образованием **H** –  $\text{Cl}_2\text{O}_7$ . Подтвердим состав этого вещества расчетом:

$$\omega(\text{Cl}) = \frac{2 \cdot 35,5}{2 \cdot 35,5 + 7 \cdot 16} = 0,388$$

Поскольку качественный состав **D**, **E** и **H** одинаков, то **D** и **E** также являются оксидами хлора.

Рассчитаем их состав по массовой доле:

Общая формула оксидов:  $\text{Cl}_2\text{O}_n$

$$\omega(\text{Cl})_1 = \frac{71}{16 \cdot n + 71} = 0,4251$$

$$\omega(\text{Cl})_2 = \frac{71}{16 \cdot n + 71} = 0,526$$

$$1) \quad 96 = 16 \cdot n$$

$$2) \quad 64 = 16 \cdot n$$

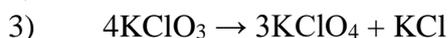
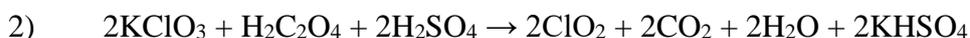
В первом случае  $n = 6$ , формула **E** –  $\text{Cl}_2\text{O}_6$  (или  $\text{ClO}_3$ )

Во втором случае  $n = 4$ , формула **D** –  $\text{ClO}_2$ .

Все неизвестные вещества приведены в таблице:

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>
$\text{KCl}$	$\text{KClO}_3$	$\text{AgCl}$	$\text{ClO}_2$	$\text{Cl}_2\text{O}_6/\text{ClO}_3$	$\text{KClO}_4$	$\text{HClO}_4$	$\text{Cl}_2\text{O}_7$	$\text{HCl}$

Уравнения реакций:



- 5)  $\text{Cl}_2\text{O}_6 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HClO}_3 + \text{HClO}_4$   
 6)  $2\text{HClO}_4 + \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{Cl}_2\text{O}_7 + 2\text{HPO}_3$

Критерии оценивания:

Пункт	Балл
1. По 1 балл за <b>X, I</b> , черную магнезию (без обоснования – 0 баллов), 1 балл за уравнение реакции (без коэффициентов – 0 баллов).	4 балла
2. 1 балл за каждый пример.	2 балла
3. По 1 балл за каждое неизвестное вещество (без обоснования – 0 баллов). По 1 балл за каждое уравнение реакции (без коэффициентов – 0 баллов).	14 баллов
<b>ИТОГО:</b>	<b>20 баллов</b>

### Решение задачи №4 (Саратовский Н.С.)

1. Металл **Y** является натрием, так как раствор, оставшийся в конце, окрашивает пламя в желтый цвет, а сам металл, по условию, должен быть одновалентным. Тогда, **X** должен быть рубидием или цезием. Для подтверждения рассчитаем молярную массу **A**. Так как в результате кислотного разложения соляной кислотой скорее всего образовался хлорид **XCl**, который далее реагирует с  $\text{SbCl}_3$ , логично предположить, что черные шарики в структуре **A** отвечают атомам хлора, и суммарно их  $\frac{1}{4} \cdot 16 = 4$ , а белых и серых, соответствующих сурьме и **X** — по одному (в данном случае, для нас нет разницы, кто из них кто). Тогда, в ячейке содержится одна формульная единица  $\text{XSbCl}_4$ . Выведем и рассчитаем молекулярную массу **A**:

$$\rho = \frac{m_{\text{яч}}}{V_{\text{яч}}} = \frac{M \cdot \nu_{\text{в-ва}}}{a^2 b} = \frac{M \cdot (1 \text{ формульная единица})}{a^2 b \cdot N_A}$$

$$M = a^2 b \cdot N_A \rho = 5.28^2 \cdot 8.55 \cdot 10^{-30} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \cdot 2767 = 0.396 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = 396 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Вычитая массы сурьмы и хлора, получаем массу **X** 133 г/моль, что соответствует **цезию Cs**. Тогда **A** —  $\text{CsSbCl}_4$ . При термическом разложении **A** получаются соль **B** и  $\text{SbCl}_3$ , тогда веществом **B** является хлорид цезия  $\text{CsCl}$ .

2. Учитывая, что минерал из класса алюмосиликатов, можно предположить, что формула минерала  $\text{Cs}_k \text{Na}_{1-k} \text{AlSi}_n \text{O}_n$ . При этом, индекс  $n$  у кислорода (согласно условию об электронейтральности) должен быть равен:

$$n = 1.5 + 2l + 0.5 = 2 + 2l$$

При растворении минерала в соляной кислоте в раствор должны перейти натрий, цезий и алюминий в виде хлоридов, а из раствора выпадает гидратированный оксид кремния, который при прокаливании превращается в  $\text{SiO}_2$  в количестве:

$$\nu(\text{SiO}_2) = \nu(\text{Si}) = \frac{4.478}{60} = 0.0746 \text{ моль}$$

Далее, после осаждения цезия, на раствор, содержащий  $\text{AlCl}_3$  и  $\text{NaCl}$ , действуют аммиаком, в результате чего выпадает  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , который при прокаливании превращается в  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Количество вещества алюминия:

$$\nu(\text{Al}) = 2\nu(\text{Al}_2\text{O}_3) = 2 \cdot \frac{1.903}{102} = 0.0373 \text{ моль}$$

Соотношение алюминия и кремния в этом случае 1:2, и общая формула минерала превращается в  $\text{Cs}_k \text{Na}_{1-k} \text{AlSi}_2 \text{O}_6$ . Определим количество вещества цезия:

$$\nu(\text{Cs}) = \nu(\text{CsCl}) = \frac{3.772}{168.5} = 0.0224 \text{ моль}$$

Соотношение цезия и алюминия в этом случае 0.6:1, тогда индексы  $k = 0.6$  и  $1-k = 0.4$ , общая формула минерала —  $\text{Cs}_{0.6} \text{Na}_{0.4} \text{AlSi}_2 \text{O}_6$ .

3. Реакции (в реакции 1 допускается образование  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ):



- 3)  $\text{CsCl} + \text{SbCl}_3 \rightarrow \text{CsSbCl}_4 \downarrow$   
 4)  $\text{CsSbCl}_4 \rightarrow \text{CsCl} + \text{SbCl}_3 \uparrow (t^\circ\text{C})$   
 5)  $\text{AlCl}_3 + 3\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NH}_4\text{Cl}$   
 6)  $2\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} (t^\circ\text{C})$

4. Металл **W**, очевидно, является **литием Li** (древнегреческое «литос» переводится как «камень», на эту мысль может натолкнуть название литосферы и литосферных плит). Касторит имеет формулу  $\text{LiAlSi}_k\text{O}_l$ , причем  $l = 1.5 + 0.5 + 2k = 2 + 2k$ .

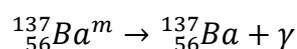
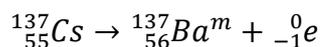
Учитывая соотношение масс алюминия и кремния:

$$\frac{27}{k \cdot 28} = 0.241 \quad k = \frac{27}{28 \cdot 0.241} \approx 4$$

Тогда формула касторита  $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$ .

5. Средняя атомная масса цезия равна 133, следовательно, масса **M** равна 137 и изотоп  ${}^M_N\text{X}$  — это  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$ . В ходе  $\beta^-$ -распада масса изотопа не изменяется, а атомный номер увеличивается, а в ходе изомеризации просто излучается избыток энергии, при этом параметры ядра не изменяются, тогда изотопы  ${}^{\ddot{N}}Z^m$  и  ${}^{\ddot{N}}Z$  —  ${}^{137}_{56}\text{Ba}^m$  и  ${}^{137}_{56}\text{Ba}$ .

Уравнения радиоактивного распада:



6. В случае а) расчет фактически не требуется — полученная масса составляет половину от исходной, следовательно, прошел только один период полураспада и  $t = 30.17$  лет.

$$\text{б) } t = \frac{1}{\lambda} \ln \left( \frac{m_0}{m} \right) = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} \ln \left( \frac{m_0}{m} \right) = \frac{30.17}{\ln 2} \ln \left( \frac{1}{0.3} \right) = 52.40 \text{ лет}$$

$$\text{в) } t = \frac{1}{\lambda} \ln \left( \frac{m_0}{m} \right) = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} \ln \left( \frac{m_0}{m} \right) = \frac{30.17}{\ln 2} \ln \left( \frac{1}{0.01} \right) = 200.44 \text{ лет}$$

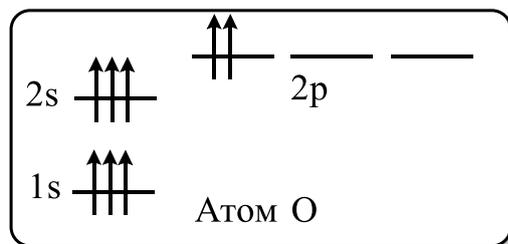
Критерии оценивания:

Пункт	Балл
1. За верные <b>X</b> , <b>Y</b> , <b>A</b> , <b>B</b> – по 1 баллу.	4 балла
2. За верную формулу поллуцита – 3 балла.	3 балла
3. За верные уравнения реакций 1–6 – по 1 баллу.	6 баллов
4. За верный металл <b>W</b> – 1 балл. За верную формулу касторита – 2 балла.	3 балла
5. За верные изотопы с указанием массовых и зарядовых чисел – по 0.5 баллов. За каждый изотоп без указания массового и/или зарядового числа – 0 баллов. За реакции радиоактивного распада – по 0.5 балла.	2.5 балла
6. За верные времена распада – по 0.5 балла.	1.5 балла
<b>ИТОГО:</b>	<b>20 баллов</b>

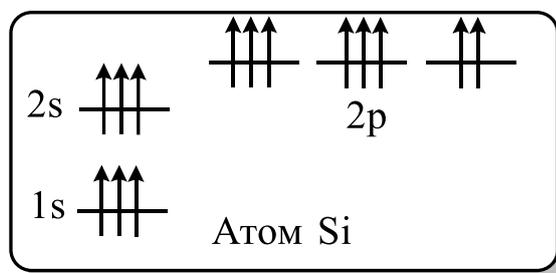
### Решение задачи №5 (Просвирин А.П.)

1. Первое правило, запрещающее двум электронам иметь одинаковые четыре квантовых числа, — это принцип **Паули**. Второе правило о заполнении орбиталей одиночными электронами с параллельными спинами перед их спариванием — это правило **Хунда**. Так что ответ: Паули и Хунд.

2. Кислород в нашем мире имеет 8 электронов, поэтому для ответа на вопрос достаточно распределить эти 8 электронов по орбиталям, согласно новым правилам: 1 орбиталь вмещает в себя 3 электрона, заполнение идет против правила Хунда:

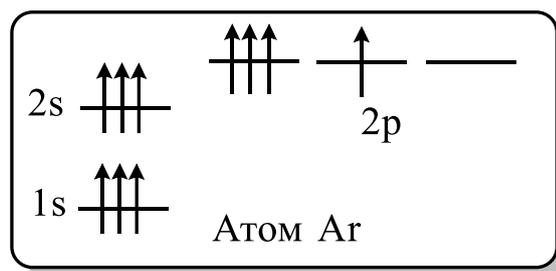


Кремний имеет 14 электронов, поэтому его электронная конфигурация будет иметь следующий вид:



Заметим, что спин электронов в новых электронных конфигурациях может быть любой, так как по условию задачи, принцип Паули не работает.

3. Для ответа на данный вопрос достаточно привести электронную конфигурацию неона (10 электронов) и увидеть, что она имеет не заполненный уровень:



Соответственно, правило октета работать не будет, так как одна орбиталь вмещает не 2, а 3 электрона. Поэтому для “конфигурации благородного газа” теперь необходимо иметь  $3 \times 4 = 12$  электронов.

4. Первые три периода новой периодической таблицы, названной в вашу честь:

1	H	He	Li									
2	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si	P
3	S	Cl	Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co

5. Вода устроена из элемента 2 периода, которому не хватает двух электронов до заполнения валентной оболочки, и элемента 1 периода с 1 электроном, который он отдает более электроотрицательному элементу. В нашем мире на роль первого элемента подходит алюминий Al, на роль второго – водород H. Следовательно, вода в наших фантазиях будет обладать формулой **H<sub>2</sub>Al**.

Для ответа на второй вопрос необходимо проанализировать электронную конфигурацию кислорода в этом мире. Учитывая, что кислород более электроотрицателен, то он будет забирать единственный электрон у водорода, пока не закончит свой подуровень. Для этого ему необходимо  $12 - 5 = 7$  электронов. Следовательно, бинарное соединение водорода и кислорода будет иметь формулу **H<sub>7</sub>O**. Действительно, удивительно!

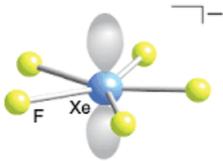
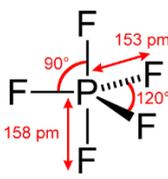
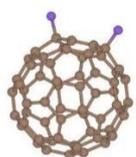
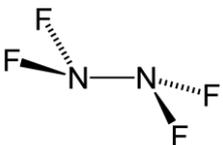
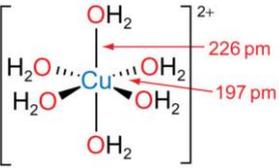
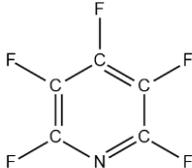
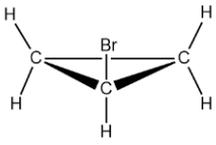
6. Углерод является основой жизни, как ни трудно догадаться, из-за своей электронной конфигурации. Обладая 4 электронами из 8 необходимых для заполнения подуровня, он может связываться сам с собой, с водородом, с другими атомами, образуя бесчисленное множество органических соединений. Поэтому нам необходимо найти такой же элемент во 2 периоде, который имеет наполовину заполненный уровень и имеет 6 электронов на внешнем слое. Таким элементом, как это ни странно, является фтор **F**! Да, наша жизнь будет построена на “разрушительном” элементе.

Критерии оценивания:

Пункт	Балл
1. Фамилии ученых – по 1 баллу.	2 балла
2. Верная электронная конфигурация – 2 балла. Электронная конфигурация не в графическом виде – 0 баллов.	4 балла
3. Ответ на вопрос о электронной конфигурации старых благородных газов – 1 балл. Без доказательства – 0 баллов. Сформулированное правило 12 электронов – 2 балла.	3 балла
4. Верно построенная периодическая таблица – 5 баллов.	5 баллов
5. Формула “воды” в новом мире – 1 балла. Формула бинарного соединения водорода и кислорода – 2 балла.	3 балла
6. Обоснование невозможности для углерода быть формой жизни – 1 балл. Верно определен фтор – 2 балла	3 балла
<b>ИТОГО:</b>	<b>20 баллов</b>

**Решение №6 (Берсенов Е.А.)**

1. В данном пункте можно тщательно проанализировать окружение каждого из атомов, проверить с какими атомами он связан и какие последовательности связей у атомов совпадают, а какие нет. Однако существует один лайфхак, как можно найти эквивалентные или неэквивалентные атомы в соединении – это визуализировать. Для этого можно мысленно выбрать какой-то один из атомов и запомнить его, а потом представить, что мы берем это соединение и подбрасываем вверх с закручиванием, не смотря на соединение, а затем ловим. Если Вы сходу найдете, какой атом конкретно Вы пытались запомнить, значит этот атом не имеет эквивалентных себе. Если между какой-то группой атомов сложно сказать, кто из них был выделен до эксперимента, то значит – это группа эквивалентных атомов.

a. F в $[\text{XeF}_5]^-$	b. F в $\text{SF}_6$	c. F в $\text{PF}_5$	d. F в $\text{C}_{60}\text{F}_2$
 <p>1 тип неэквивалентных атомов фтора (все атомы идентичны)</p>	 <p>1 тип неэквивалентных атомов фтора (все атомы идентичны)</p>	 <p>2 типа неэквивалентных атомов фтора:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 фтора в аксиальных позициях (длина связи по 158 пм);</li> <li>• 3 фтора в экваториальных позициях (длина связи по 153 пм)</li> </ul>	 <p>1 тип неэквивалентных атомов фтора (все атомы идентичны)</p>
e. F в $\text{N}_2\text{F}_4$	f. O в $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$	g. F в $\text{C}_5\text{NF}_5$	h. H в $\text{C}_3\text{H}_5\text{Br}$
 <p>1 тип неэквивалентных атомов фтора (все атомы идентичны)</p>	 <p>2 типа неэквивалентных атомов кислорода:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 кислорода в аксиальных</li> </ul>	 <p>3 типа неэквивалентных атомов фтора:</p>	 <p>3 типа эквивалентных атомов водорода:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 водорода, находящихся через три связи от атома</li> </ul>

	<p>позициях (длина связи по 226 пм);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 кислорода в экваториальных позициях (длина связи по 197 пм)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 фтора, находящихся через две связи от атома азота;</li> <li>• 2 фтора, находящихся через три связи от атома азота;</li> <li>• 1 фтор, находящийся через четыре связи от атома азота</li> </ul>	<p>брома и относительно плоскости цикла со стороны атома брома;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 водорода, находящихся через три связи от атома брома и относительно плоскости цикла напротив стороны атома брома;</li> <li>• 1 водород, находящийся через две связи от атома брома</li> </ul>
--	--	---	--

2. Все могут

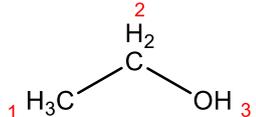
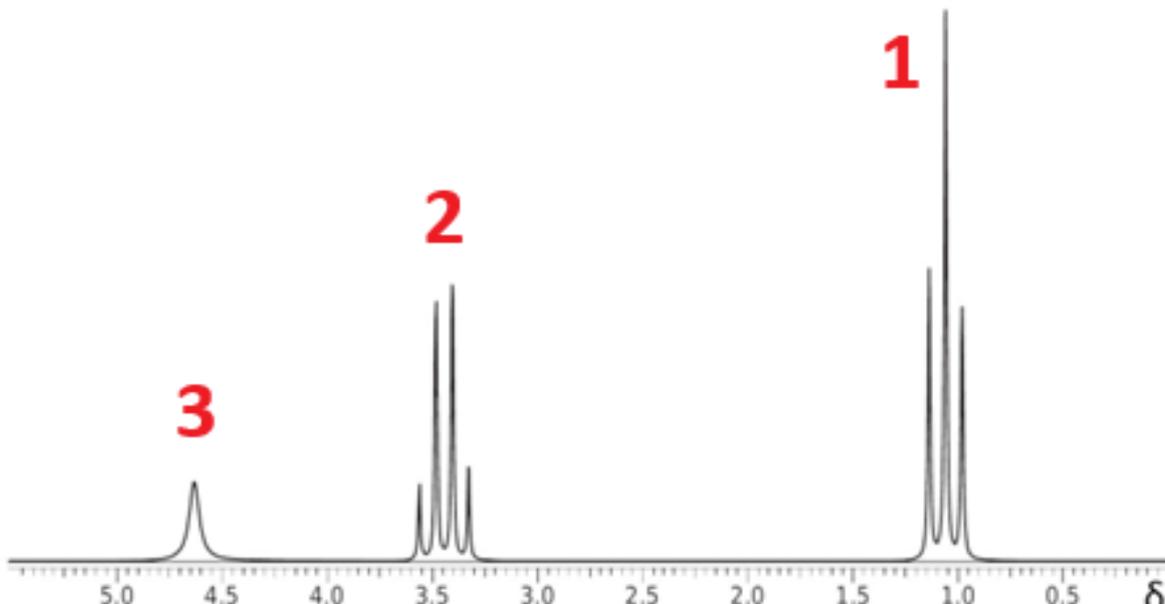
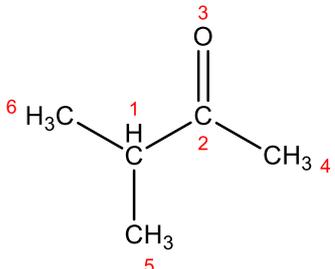
- а) протий – может (1 протон)  
 б) дейтерий – может (1 протон, 1 нейтрон)  
 в) <sup>13</sup>C – может (6 протонов, 7 нейтронов)  
 г) <sup>19</sup>F – может (9 протонов, 10 нейтронов)  
 д) <sup>31</sup>P – может (15 протонов, 16 нейтронов)  
 е) <sup>36</sup>Cl – может (17 протонов, 19 нейтронов)  
 ж) <sup>23</sup>Na – может (11 протонов, 12 нейтронов)  
 з) <sup>93</sup>Nb – может (41 протон, 52 нейтрона)

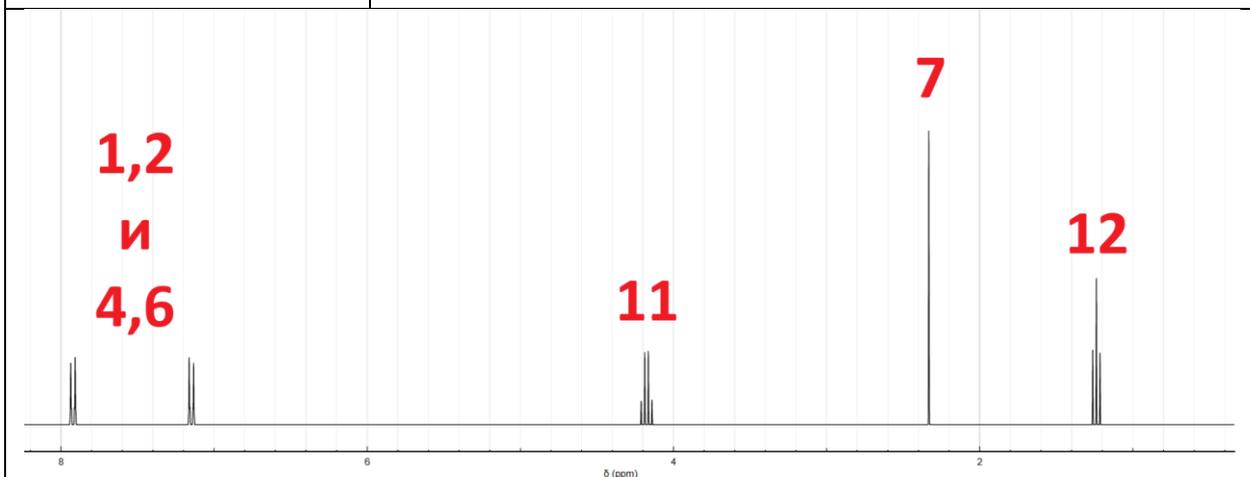
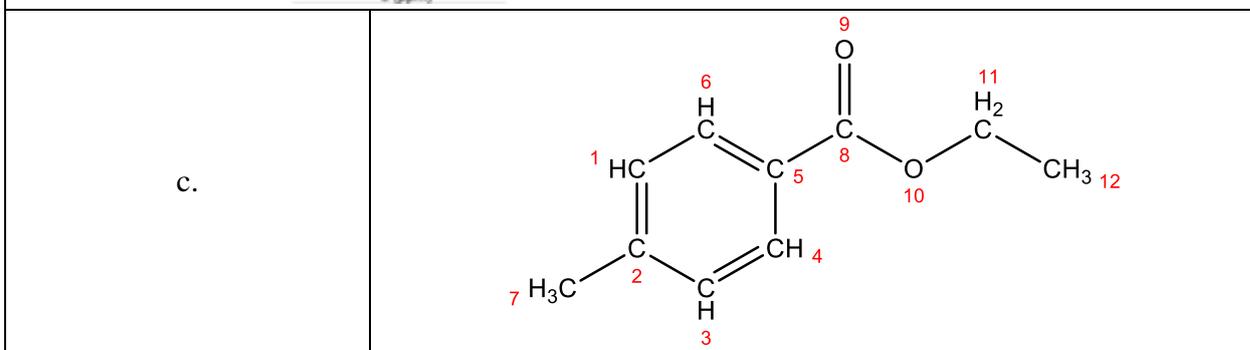
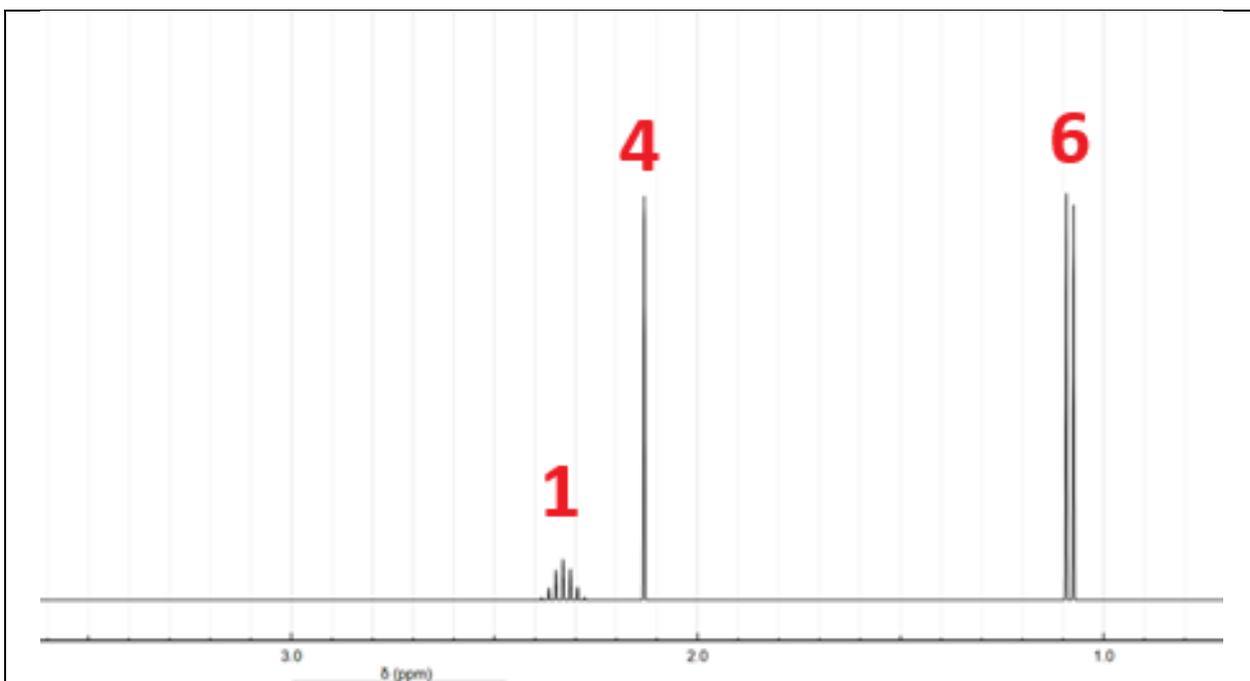
3. Химические сдвиги <sup>1</sup>H ЯМР часто встречаемых групп атомов указаны в таблице ниже. Укажите какие сигналы на <sup>1</sup>H ЯМР спектре будут присутствовать у следующих соединений. Для удобства атомы углерода и кислорода пронумерованы числами.

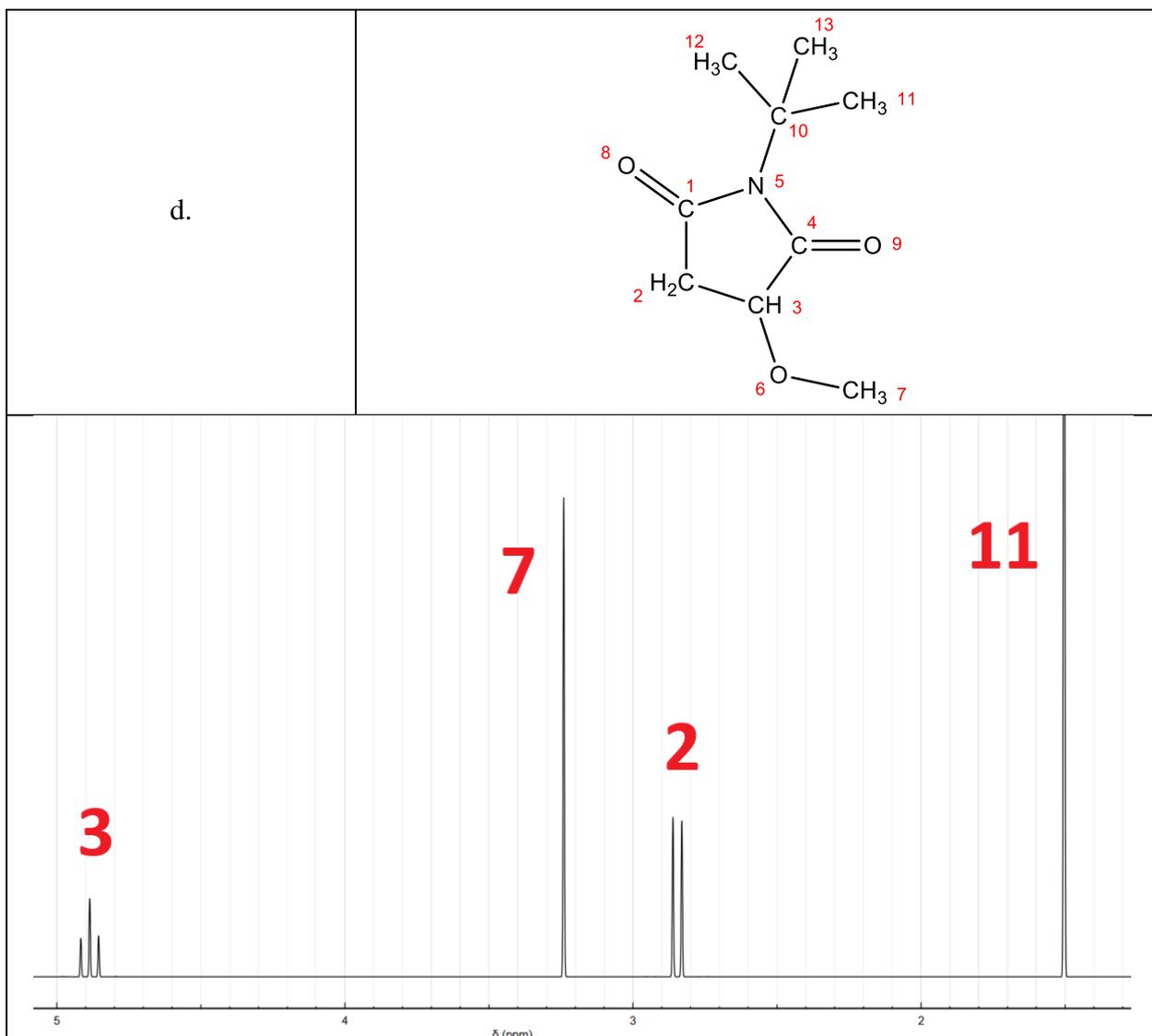
а. Толуол	б. Уксусная кислота	с. Пропаргиловый спирт
<p>Водороды на атомах 1,2,3,4,5 будут давать</p>	<p>Водороды на атоме 1 будут давать сигналы с</p>	<p>Водород на атоме 1 будет давать сигнал с химическим сдвигом около 2,5</p>

<p>сигналы с химическим сдвигом около 6,5-8,5</p> <p>Водороды на атоме 7 будут давать сигналы с химическим сдвигом около 2,3-2,8</p>	<p>химическим сдвигом около 2,1-2,5</p> <p>Водород на атоме 3 будет давать сигнал с химическим сдвигом около 10-13</p>	<p>Водороды на атоме 3 будут давать сигналы с химическим сдвигом около 3,3-3,7</p> <p>Водород на атоме 4 будет давать сигнал с химическим сдвигом около 0,5-5</p>
--	--	---

4.

<p>a.</p>	
	
<p>b.</p>	

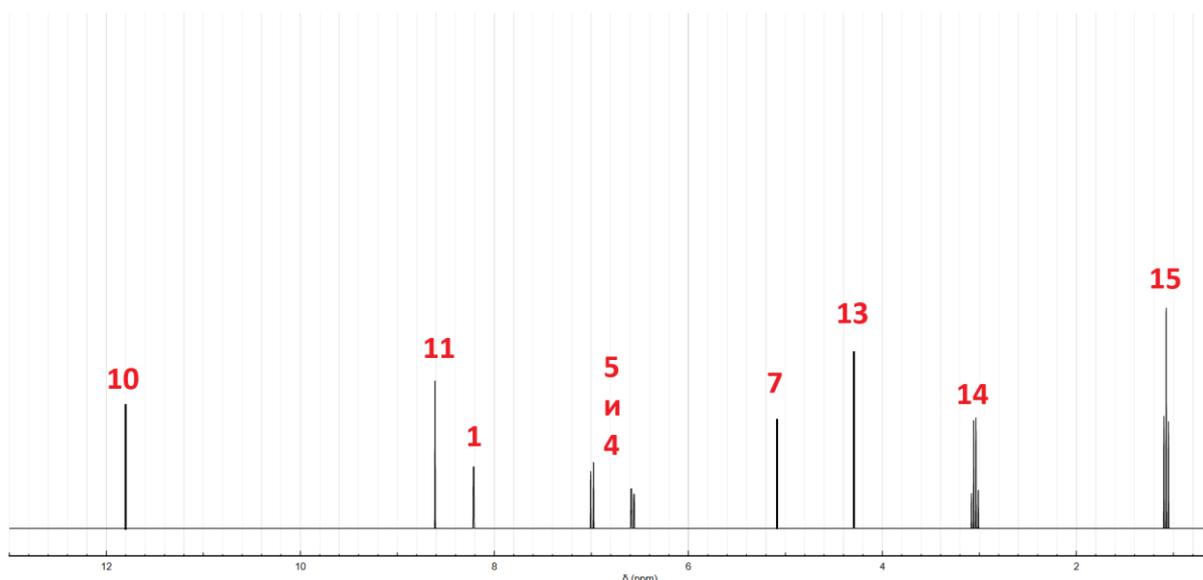
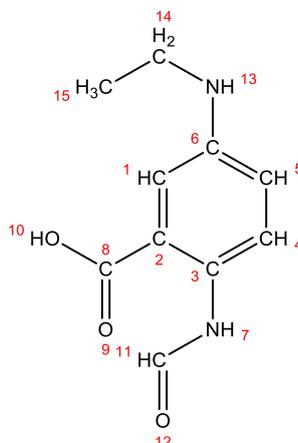




5. То, что при низкой температуре сигналы двух CH<sub>3</sub>- групп при азоте не совпадают, говорит нам о том, что данные протоны на 5 атоме и на 6 атоме являются химически неэквивалентными, т.е. находятся в разных окружениях. В то же время при высокой температуре они начинают давать один общий сигнал, что говорит о том, что протоны в них становятся эквивалентными. Т.к. вариант, что при таком незначительном нагревании разрывается какая-либо связь отпадает (связь С-Н, С-Н, С-С достаточно крепкая), то появляется наиболее вероятный вариант, что при нагревании становится возможным прокручивание связи между атомами 2-4 (о том, что такое прокручивание делает положения эквивалентными было сказано в первых абзацах условия, на примере с изоамиловым спиртом). Т.е. при нагревании, когда молекулы и группы атомов имеют большую энергию и большую подвижность, снимается блокировка с возможности прокручивания связи между этими атомами 2-4, а при более низких температурах энергии для прокручивания не хватало, поэтому метильные группы различались (одна находилась ближе к кислороду, другая дальше).

6. В данном вопросе идет отдельное оценивание как кратности сигнала, так и положения его на шкале химического сдвига. Принимается отклонение от химического сдвига, указанного в таблице в задании, если на то указана достаточная аргументация.

Действительный пример спектра данного соединения указан ниже. На нем явно заметны отклонения для водородов, связанных с атомом азота (это связано с тем, что азот находится при бензольном кольце).



7. При анализе данной молекулы можно заметить группу атомов, которая присутствует также в известной нам уксусной кислоте, которая и обеспечивает ее кислотными свойствами (-COOH). Значит, эта группа легко может обмениваться протоном со средой вокруг. При обмене со средой и за счет того, что дейтерий находится в большом избытке (т.к. растворителем является дейтерированная вода), то сигнал от -COOH быстро пропадет, ведь как понятно из условия, дейтерий сигнала в  $^1\text{H}$ -ЯМР спектроскопии не дает.

В качестве альтернативного растворителя можно использовать любое жидкое вещество, имеющее, например, подвижный в кислотно-основном плане дейтерий в своем составе, например,  $\text{D}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{DNO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOD}$ .

8. Потому что, помимо высокой чистоты, эти растворители также требуют высокую изотопную чистоту, например, для  $^1\text{H}$  ЯМР спектроскопии используются такие растворители как:  $\text{D}_2\text{O}$ ,  $\text{CDCl}_3$ ,  $(\text{CD}_3)_2\text{SO}$  и т.д.

Критерии оценивания:

Пункт	Балл
1. За каждый пункт по 0,5 балла.	4 балла
2. За отсутствие ошибок – 2 балла, за 1 ошибку – 1 балл.	2 балла
3. За каждый пункт по 1 баллу.	3 балла
4. За каждый пункт по 1 баллу (если совершена ошибка в соотнесении – 0 баллов за пункт).	4 балла
5. За верное объяснение – 2 балла.	2 балла
6. За верное количество сигналов без учета мультиплетности (количество типов водорода в соединении) – 1 балл. За верную мультиплетность у всех сигналов – 1 балл. За верное соотнесение химических сдвигов всех сигналов – 1 балл (допускается отклонение от таблицы, при наличии аргументации).	3 балла
7. За верное объяснение – 1 балл.	1 балл
8. За верное объяснение – 1 балл.	1 балл
<b>ИТОГО:</b>	<b>20 баллов</b>