



Министерство образования и науки Республики Саха (Якутия)

ГАУ ДО «Малая академия наук Республики Саха (Якутия)»

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»

ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН»



# XXIX Международная олимпиада школьников «ТУЙМААДА»

## Химия

### XXIX International school olympiad

### "TUUMAADA"

### Chemistry

Полезные ископаемые	
	Алмазы
	Золото
	Серебро
	Олово
	Свинец, цинк
	Сурьма
	Редкие земли
	Железо (руда)
	Вольфрам
	Уран
	Уголь
	Нефть
	Газ
	Нефть и газ



Условные обозначения	
	Якутск
	Столица Республики Саха (Якутия)
	Административные центры районов
	Аэропорты основные
	Морские порты
	Главные речные порты
	Железные дороги
	Автодороги
	Прочие дороги
	Границы субъектов РФ
	Границы административных районов



2022



# МЫСЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

*2 тур*

# THOUGHT EXPERIMENT

*2 round*

**Состав методической комиссии международной олимпиады «Туймаада-2022»  
(ХИМИЯ)**

1. Соколова Марина Дмитриевна, директор Института проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН», д.т.н. – председатель;
2. Спиридонов Александр Михайлович, в.н.с. – рук. лаб. Института естественных наук Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, к.х.н. – член;
3. Голиков Алексей Николаевич, аспирант университета Myongji (Респ. Корея) – член;
4. Сивцев Семен Исаевич, аспирант Института проблем нефти и газа СО РАН – член;
5. Павлов Сергей Николаевич, студент химического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова - член;
6. Оконешников Артур Алексеевич, студент химического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова – член;
7. Емельянов Георгий Петрович, аспирант Корейского научно-исследовательского института биологических наук и биотехнологии (Респ. Корея) – член;
8. Старостин Алексей Данилович, студент факультета фундаментальной физико-химической инженерии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова – член;
9. Решетников Виктор Петрович, студент факультета наук о материалах Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова – член;
10. Степанова Татьяна Сергеевна, студент химического факультета СПбГУ – член.

**Состав жюри международной олимпиады «Туймаада-2022» (ХИМИЯ)**

1. Спиридонов Александр Михайлович, в.н.с. – рук. лаб. «Полимерные композиты для Севера» Института естественных наук Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, к.х.н. – председатель;
2. Соколова Марина Дмитриевна, директор Института проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук, д.т.н. – заместитель председателя;
3. Данилова Сахаяна Николаевна, м.н.с. лаборатории «Полимерные композиты для Севера» Института естественных наук Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова – секретарь;
4. Охлопкова Айталиа Алексеевна, профессор, руководитель ОП «Фундаментальная и прикладная химия» Института естественных наук Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, действительный член Академии наук Республики Саха (Якутия), д.т.н. – член;
5. Стручкова Татьяна Семеновна, доцент химического отделения Института естественных наук Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, к.т.н. – член;
6. Никифоров Леонид Александрович, с.н.с. лаборатории «Полимерные композиты для Севера» Института естественных наук Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, к.т.н. – член;
7. Верейкина Виктория Васильевна, м.н.с. лаборатории техногенных газовых гидратов Института проблем нефти и газа СО РАН, к.х.н. – член;
8. Маркова Марфа Алексеевна, м.н.с. лаборатории материаловедения Института проблем нефти и газа СО РАН – член;
9. Емельянов Георгий Петрович, аспирант Корейского научно-исследовательского института биологических наук и биотехнологии (Респ. Корея) – член;

10. Оконешников Артур Алексеевич, студент химического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова – член;
11. Павлов Сергей Николаевич, студент химического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова - член;
12. Старостин Алексей Данилович, студент факультета фундаментальной физико-химической инженерии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова – член.

**Вспомогательный персонал:**

1. Сидорова Розалия Николаевна, заведующий лабораторией органической химии химического отделения Института естественных наук Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова – старший лаборант;
2. Филиппова Алена Павловна, лаборант 1 категории химического отделения Института естественных наук Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова – лаборант.

***Авторы заданий:*** *Верейкина В.В., Голиков А.Н., Емельянов Г.П., Оконешников А.А., Павлов С.Н., Решетников В.П., Старостин А.Д., Степанова Т.С.*

## **Methodological commission structure of the International Olympiad «Tuymaada-2022» in Chemistry**

1. Sokolova Marina Dmitriyevna, Doctor of Engineering, the Director of Institute of Oil and Gas Problems SB RAS – chairman;
2. Spiridonov Alexander Mikhaylovich, Ph.D. in Chemistry Sciences, leading researcher – the Head of the Laboratory “Polymer composites for the North”, North-Eastern Federal University;
3. Golikov Aleksei Nikolaevich, PhD student of the Chemistry Department, Myongji University (South Korea);
4. Sivtsev Semyon Isaevich, PhD student of the Institute of Oil and Gas Problems SB RAS;
5. Pavlov Sergey Nikolaevich, a student of the Chemistry Department, Moscow State University;
6. Okoneshnikov Artur Alekseevich, a student of the Chemistry Department, Moscow State University;
7. Emelyanov Georgiy Petrovich, PhD student of the Korea Research Institute of Biological Sciences and Biotechnology (South Korea);
8. Starostin Alexey Danilovich, student of the Faculty of Fundamental Physical and Chemical Engineering, Moscow State University;
9. Reshetnikov Victor Petrovich, a student of the Faculty of Materials Science, Moscow State University.
10. Stepanova Tatyana Sergeevna, a student of Chemical Institute, Saint-Petersburg State University;

## **Jury structure of the International Olympiad «Tuymaada-2022» in Chemistry**

1. Spiridonov Alexander Mikhaylovich, Ph.D. in Chemistry Sciences, leading researcher – the Head of the Laboratory “Polymer composites for the North”, North-Eastern Federal University – chairman;
2. Sokolova Marina Dmitriyevna, Doctor of Engineering, the director of Institute of Oil and Gas Problems SB RAS – vice-chairman;
3. Danilova Sakhayana Nikolaevna, a junior researcher of the Laboratory "Polymer Composites for the North", North-Eastern Federal University. M.K. Ammosova – secretary;
4. Okhlopkoval Aitalina Alekseevna, Doctor of Engineering, the professor, the chairman of the Educational Programs in “Fundamental and Applied Chemistry”, North-Eastern Federal University, member of The Academy of Science of the Republic of Sakha (Yakutia) – member;
5. Struchkova Tatyana Semenovna, PhD in Technical Sciences, the associate professor of the Chemistry Department, North-Eastern Federal University – member;
6. Nikiforov Leonid Aleksandrovich, PhD in Technical Sciences, a senior researcher of the Laboratory "Polymer composites for the North", North-Eastern Federal University – member;
7. Vereykina Victoria Vasilievna, PhD in Chemistry Sciences, a junior researcher of the Laboratory of Technogenic Gas Hydrates, Institute of Oil and Gas Problems SB RAS – member;
8. Markova Marfa Alekseevna, a junior researcher of the Laboratory of Materials Science, Institute of Oil and Gas Problems SB RAS – member;
9. Emelyanov Georgiy Petrovich, PhD student of the Korea Research Institute of Biological Sciences and Biotechnology (South Korea) – member;
10. Okoneshnikov Artur Alekseevich, a student of the Chemistry Department, Moscow State University – member;
11. Pavlov Sergey Nikolaevich, a student of the Chemistry Department, Moscow State University – member;

12. Starostin Alexey Danilovich, student of the Faculty of Fundamental Physical and Chemical Engineering, Moscow State University – member;

***Support Staff of the International Olympiad «Tuymaada-2022» in Chemistry***

1. Sidorova Rozaliya Nikolaevna, a head of the laboratory of Organic Chemistry, North-Eastern Federal University – Senior Assistant;

2. Filippova Alena Pavlovna, a laboratory assistant of the Chemistry Department, North-Eastern Federal University;

***Authors of problems:*** Vereykina V.V., Golikov A.N., Emelyanov G.P., Okoneshnikov A.A, Pavlov S.N., Reshetnikov V.P., Starostin A.D., Stepanova T.S.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H Hydrogen 1.008																	2 He Helium 4.003
3 Li Lithium 6.968	4 Be Beryllium 9.012											5 B Boron 10.814	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999	9 F Fluorine 18.998	10 Ne Neon 20.180
11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnesium 24.306											13 Al Aluminium 26.982	14 Si Silicon 28.085	15 P Phosphorus 30.974	16 S Sulfur 32.068	17 Cl Chlorine 35.452	18 Ar Argon 39.948
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.867	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.38	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.630	33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.971	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.798
37 Rb Rubidium 85.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.95	43 Tc Technetium [99]	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.906	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.868	48 Cd Cadmium 112.414	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.710	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.60	53 I Iodine 126.904	54 Xe Xenon 131.293
55 Cs Cesium 132.905	56 Ba Barium 137.327	57-71 La-Lu Lanthanoids	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.948	74 W Tungsten 183.84	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.217	78 Pt Platinum 195.084	79 Au Gold 196.967	80 Hg Mercury 200.592	81 Tl Thallium 204.384	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.98	84 Po Polonium [210]	85 At Astatine [210]	86 Rn Radon [222]
87 Fr Francium [223]	88 Ra Radium [226]	89-103 Ac-Lr Actinoids	104 Rf Rutherfordium [267]	105 Db Dubnium [268]	106 Sg Seaborgium [271]	107 Bh Bohrium [272]	108 Hs Hassium [277]	109 Mt Meitnerium [276]	110 Ds Darmstadtium [281]	111 Rg Roentgenium [280]	112 Cn Copernicium [285]	113 Nh Nihonium [288]	114 Fl Flerovium [289]	115 Mc Moscovium [289]	116 Lv Livermorium [293]	117 Ts Tennessine [293]	118 Og Oganesson [294]
57-71 La-Lu Lanthanoids	57 La Lanthanum 138.905	58 Ce Cerium 140.116	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.242	61 Pm Promethium [145]	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.045	71 Lu Lutetium 174.967		
89-103 Ac-Lr Actinoids	89 Ac Actinium [227]	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium [237]	94 Pu Plutonium [239]	95 Am Americium [243]	96 Cm Curium [247]	97 Bk Berkelium [247]	98 Cf Californium [252]	99 Es Einsteinium [252]	100 Fm Fermium [257]	101 Md Mendelevium [258]	102 No Nobelium [259]	103 Lr Lawrencium [262]		

Key:

113	atomic number
Nh	Symbol
Nihonium	name
[278]	atomic weight [in parenthesis for the radioactive element]

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ МЕТАЛЛОВ**

Li, Rb, K, Cs, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Be, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Pb, (H), Bi, Cu, Hg, Ag, Pd, Pt, Au

**РАСТВОРИМОСТЬ СОЛЕЙ, КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ ВОДЕ**

анион \ катион	OH <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	S <sup>2-</sup>	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>
H <sup>+</sup>		P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	P
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P
K <sup>+</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Na <sup>+</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Ag <sup>+</sup>	-	P	P	H	H	H	H	H	M	H	-	H	P
Ba <sup>2+</sup>	P	P	M	P	P	P	P	H	H	H	H	H	P
Ca <sup>2+</sup>	M	P	H	P	P	P	M	H	M	H	H	H	P
Mg <sup>2+</sup>	H	P	M	P	P	P	M	H	P	H	H	H	P
Zn <sup>2+</sup>	H	P	M	P	P	P	H	H	P	H	-	H	P
Cu <sup>2+</sup>	H	P	P	P	P	-	H	H	P	-	-	H	P
Co <sup>2+</sup>	H	P	P	P	P	P	H	H	P	H	-	H	P
Hg <sup>2+</sup>	-	P	-	P	M	H	H	-	P	-	-	H	P
Pb <sup>2+</sup>	H	P	H	M	M	H	H	H	H	H	H	H	P
Fe <sup>2+</sup>	H	P	P	P	P	P	H	H	P	H	H	H	P
Fe <sup>3+</sup>	H	P	P	P	P	-	-	-	P	-	-	H	P
Al <sup>3+</sup>	H	P	P	P	P	P	-	-	P	-	-	H	P
Cr <sup>3+</sup>	H	P	P	P	P	P	-	-	P	-	-	H	P
Sn <sup>2+</sup>	H	P	H	P	P	M	H	-	P	-	-	H	P
Mn <sup>2+</sup>	H	P	P	P	P	P	H	H	P	H	H	H	P

P – растворимо M – малорастворимо (< 0,1 M) H – нерастворимо (< 10<sup>-4</sup> M) – не существует или разлагается водой

## МЛАДШАЯ ЛИГА

### Задача 1

Знания химических свойств веществ, способов их идентификации и разделения являются одними из основополагающих в практической химии. Поэтому перед постановкой опытов химик должен провести мысленный эксперимент с пониманием теоретических основ процессов.

Представьте, что перед Вами раствор, содержащий смесь нитратов катионов  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$

1. Предложите способ разделения этих катионов с использованием только указанных химических реактивов. Свои ответы подтвердите уравнениями реакций.

Реактивы: 10% водные растворы  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$

2. Напишите уравнения реакций 1-4 и опишите явления, наблюдаемые в ходе их протекания:

- Берлинская лазурь – это осадок, выпадающий при действии желтой кровяной соли на ионы железа (III) (*реакция 1*).
- В присутствии ионов железа (III) при добавлении роданида калия образуется роданид железа (III) (*реакция 2*).
- Нитрат серебра дает с одним из галогенид-ионов осадок с наиболее интенсивной окраской (*реакция 3*).
- Этот галогенид-ион образует окрашенный осадок с нитратом свинца (*реакция 4*).

## Задача 2

Спектрофотометрия — физико-химический метод исследования растворов и твёрдых веществ, основанный на изучении спектров поглощения в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра.. Основная зависимость, изучаемая в спектрофотометрии — зависимость интенсивности поглощения (как правило измеряется оптическая плотность - логарифм светопропускания, т.к. она зависит линейно от концентрации вещества) падающего света от длины волны. Спектрофотометрия широко применяется при изучении строения и состава различных соединений (комплексов, красителей, аналитических реагентов и др.), для качественного и количественного определения веществ (определения следов элементов в металлах, сплавах, технических объектах).

Представим, что в лабораторию поступил образец стали, содержащий хром и никель, массой 13,800 г. Для определения содержания хрома и никеля в образце стали был использован фотометрический метод анализа.

Для определения содержания хрома взяли навеску образца стали массой 0,1000 г. В ходе анализа получился раствор объемом 100 мл и с оптической плотностью  $A$  0,609. Параллельно было проведено определение оптической плотности  $A$  по стандартным растворам с известной концентрацией хрома, результаты которого представлены в *таблице 1*.

Таблица 1. Результаты исследований оптической плотности  $A$

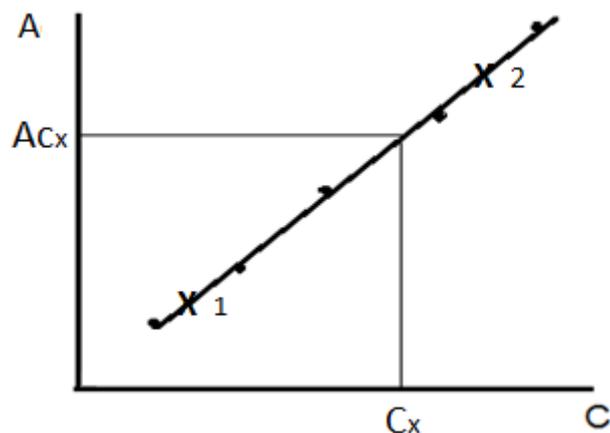
$C_{Cr}, г/л$	$A$
0,1000	0,248
0,2000	0,506
0,3000	0,733
0,4000	1,002
0,5000	1,240

Для определения содержания никеля в образце использовали метод добавок. Для этого навеску стали массой 0,2500 г перевели в раствор, объем которого довели в мерной колбе до 50,00 мл. После этого в две мерные колбы объемом 50,00 мл отобрали по 20,00 мл аликвоты раствора. В одну из колб добавили стандартный раствор никеля ( $m_{Ni} = 0,0025г$ ), далее после добавления необходимых реактивов растворы в колбах довели до метки, измерили оптические плотности и получили экспериментальные значения  $A_x = 0,211$  и  $A_{x+ст} = 0,419$

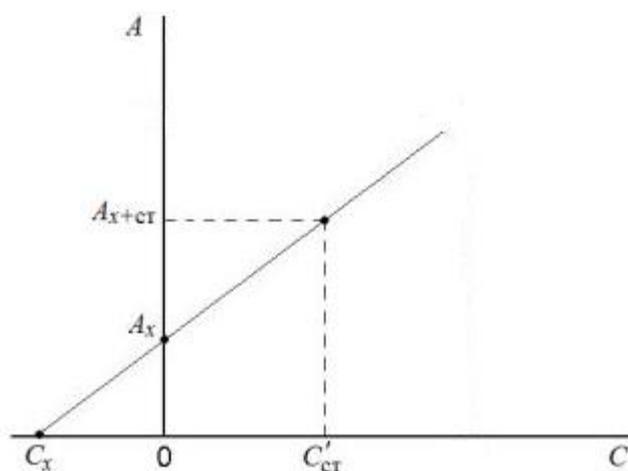
По данным определения хрома строим градуировочный график. Градуировочный график строят с использованием миллиметровой линейки (или миллиметровой бумаги), откладывая по оси абсцисс (горизонтальная ось), известные концентрации стандартных растворов, а по оси ординат (вертикальная ось) – измеренные значения оптической плотности стандартных растворов. Из полученных точек строят градуировочную прямую.

При построении графика необходимо правильно выбрать масштаб с тем, чтобы точность вычислений как можно лучше соответствовала точности исходных данных.

После построения градуировочного графика приступают к выполнению определения концентрации.



Для определения содержания никеля методом добавок строим другой график. Этот метод применяют для анализа сложных растворов, т. к. он позволяет автоматически учитывать влияние посторонних компонентов анализируемого образца. Сначала измеряют оптическую плотность исследуемого раствора с неизвестной концентрацией, затем в анализируемый раствор добавляют известное количество стандартного раствора определяемого компонента ( $C_{ст}$ ) и измеряют оптическую плотность  $A_x$  и  $A_{x+ст}$ . Концентрацию анализируемого вещества в методе добавок можно найти графическим путем. Если строить график  $A_{x+ст}$  как функции  $C_{ст}$ , то получится прямая, экстраполяция которой до пересечения с осью абсцисс дает отрезок, равный  $-C_x$ .



1. Определите по графикам концентрацию хрома и никеля в анализируемых растворах.
2. Определите массовую долю хрома и никеля в принесенном образце стали.
3. Зависимость интенсивности поглощения монохромного излучения от концентрации вещества и толщины поглощающего слоя выражается законом Бугера-Ламберта-Бера:

$$A = \lg (I_0 / I) = \varepsilon C l,$$

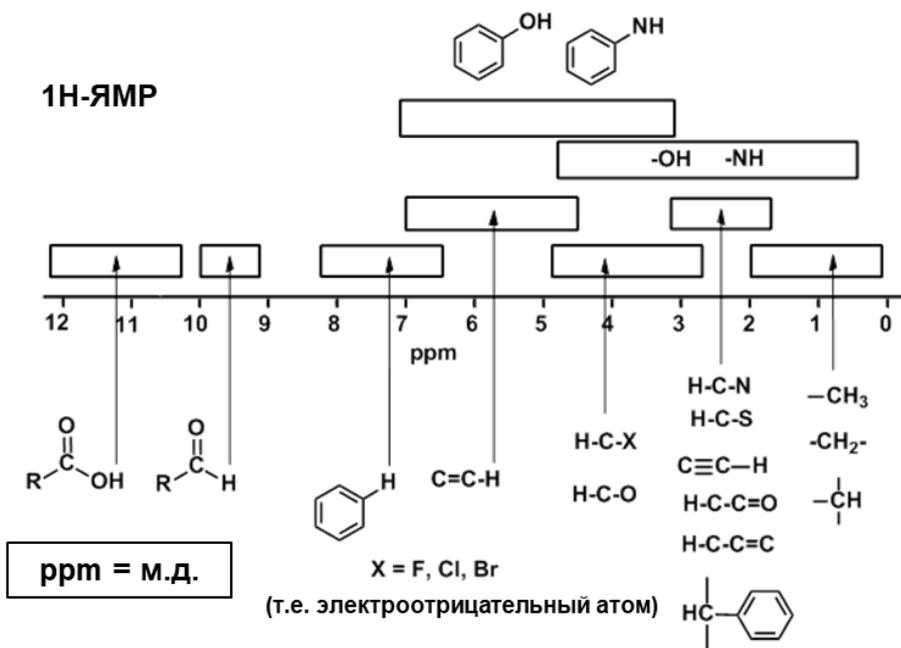
где:  $A$  – оптическая плотность раствора,  $I_0$  — интенсивность исходного излучения;  $I$  — интенсивность излучения, прошедшего через раствор;  $l$  — толщина поглощающего слоя (длина кюветы);  $\varepsilon$  — коэффициент светопоглощения (экстинкции) вещества;  $C$  — концентрация вещества в растворе.

Коэффициент молярной экстинкции комплексного соединения алюминия с ализарином равен  $1,6 \cdot 10^4 \text{ дм}^3 \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$  при длине волны 485 нм. Какой длины кювету необходимо выбрать для фотометрирования, чтобы оптическая плотность раствора была не менее 0,384 при содержании алюминия  $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ моль/дм}^3$ ?

4. Объясните, зачем в железо добавляют углерод? хром и никель?

## СТАРШАЯ ЛИГА

### 1H-ЯМР



## Константы спин-спинового взаимодействия

Фрагмент	J (Гц)	Фрагмент	J (Гц)
	7-12		12-15
	13-18		0-10
	0.5-3		6-9 1-3 0-1
	0.5-2.5		1-3
	4-10	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-$	6.5-7.5
	0-3		5.5-7
	9-13		5-9 2-4

## Химические сдвиги $^{13}\text{C}$ ЯМР

Тип углерода	Химический сдвиг (ppm)	Тип углерода	Химический сдвиг (ppm)
$\text{R}-\text{CH}_3$	0 – 35		80 – 150
	15 – 55		110 – 170
	25 – 55		165 – 175
	30 – 40		175 – 185
	10 – 65		190 – 200
(X: Cl, Br or N)			200 – 220
	50 – 90		
	70 – 90		

**Таблица частот поглощения в ИК-спектре**

Функциональная группа	Частота ( $\text{cm}^{-1}$ )	Интенсивность	Функциональная группа	Частота ( $\text{cm}^{-1}$ )	Интенсивность
Алкен $\text{C}=\text{H}$	3020-3100	Средняя	Спирты $\text{O}-\text{H}$	3400-3650	Средняя, широкая
Алкен $\text{C}=\text{C}$	1640-1680	Средняя	Спирты $\text{C}-\text{O}$	1050-1150	Средняя
Арен $\text{C}-\text{H}$	3030	Слабая	Карбоновые к-ты $\text{O}-\text{H}$	2500-3100	Сильная, шир.
Арен $\text{C}=\text{C}$	1660-2000 1450-1600	Слабая Средняя	Карбоновые к-ты $\text{C}=\text{O}$	1710	Сильная
Алкин $\equiv\text{C}-\text{H}$	3300	Сильная	Сложные эфиры $\text{C}=\text{O}$	1735	Сильная
Алкин $\text{C}\equiv\text{C}$	2100-2260	Сильная	Сложные эфиры $\text{sp}^2 \text{C}-\text{O}$	1200-1250	Сильная
Нитрил $\text{C}\equiv\text{N}$	2210-2260	Средняя	Сложные эфиры $\text{sp}^3 \text{C}-\text{O}$	1000-1100	Сильная
Алкил гал. $\text{C}-\text{Cl}$	600-800	Сильная	Альдегиды $\text{C}=\text{O}$	1730	Сильная
Алкил гал. $\text{C}-\text{Br}$	500-600	Сильная	Альдегиды $\text{C}-\text{H}$	2720	Слабая
Амин $\text{N}-\text{H}$	3300-3500	Средняя	Кетоны $\text{C}=\text{O}$	1715	Сильная
Амин $\text{C}-\text{N}$	1030-1230	Средняя	Амиды $\text{C}=\text{O}$	1690	Сильная
Нитро	1540	Сильная	Амиды $\text{N}-\text{H}$ 1° амиды имеют 2 $\text{N}-\text{H}$ полосы поглощения 2° амиды имеют 1 $\text{N}-\text{H}$ полосу	3200,3400	Средняя

Ультрафиолетовый индекс (УФИ) является международным стандартом для количественной оценки УФ и варьируется от 0 до 11 и выше. Чем выше УФИ, тем больше потенциал для нанесения вреда коже и глазам и тем меньше время, необходимое для его нанесения. Защитные средства от солнца необходимо использовать при УФИ, равном или превышающем 3.

Несмотря на то, что Якутия является самым холодным обитаемым местом на Земле, дневная температура летом может достигать +35 и даже +40 °С, а УФИ в среднем составляет 5–7.

Область ультрафиолетового излучения включает волны диапазоном 100–400 нанометров (нм) и условно делится на три группы:

- УФ-А (315–400 нм)
- УФ-В (280–315 нм)
- УФ-С (100–280 нм)

УФ излучение, достигающее Земную поверхность, в основном состоит из наименее опасного излучения УФ-А диапазона, в то время как наиболее вредные УФ-В и УФ-С диапазоны практически полностью поглощаются озоном, водяным паром, кислородом и углекислым газом. Таким образом, в местах, не покрытых защитным озоновым слоем, люди подвергаются риску воздействия всех вредных форм УФ. По этой причине соединения, разрушающие озоновый слой, были запрещены или строго регламентированы, чтобы предотвратить образование или увеличение озоновых дыр.

1. Под действием каких химических веществ разрушается озоновый слой?

Соединение **A1** часто используется в качестве активного компонента солнцезащитных кремов. Также доказано, что оно обладает лечебной активностью и используется в качестве противовоспалительного средства, для уменьшения боли и снятия отеков.

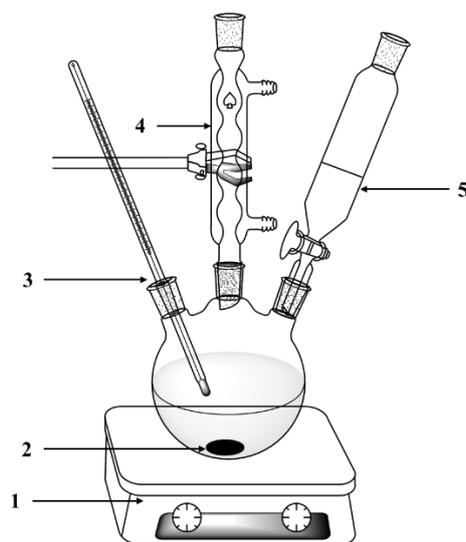
Для получения вещества **A1** проводят реакцию перекрестной конденсации между 1 молем ацетона и 2 молями бензальдегида, катализируемой NaOH. Эта реакция также носит название Кляйзена-Шмидта.

2. Приведите структурную формулу вещества **A1** и механизм реакции между ацетоном и бензальдегидом в мольном соотношении 1:2.

При длительном хранении в бензальдегиде образуются белые кристаллы вещества **B**, что может существенно снизить выход продукта.

3. Приведите структурную формулу вещества **B** и предложите метод очистки бензальдегида от **B**.

Экспериментальная установка для проведения реакции Кляйзена-Шмидта представлена на **Рисунке 1**.



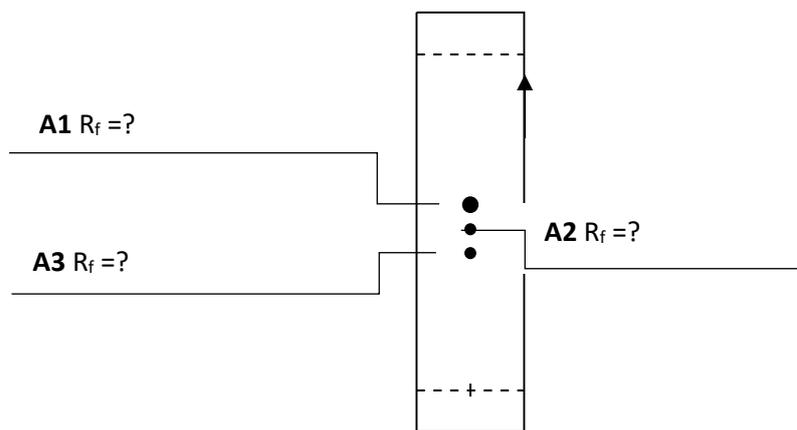
**Рисунок 1.** Установка для синтеза.

4. Запишите названия каждого элемента (1-5) экспериментальной установки.
5. Заполните таблицу:

Вещество	Молярная масса, г/моль	Количество вещества, моль	Т.к. (°С)	Плотность г/см <sup>3</sup>	Масса, г	Объем, мл
Бензальдегид			178	1.04		2.00
Ацетон			56	0.79		
NaOH 10% (масс.) (раствор катализатора)			-	1.11		2.00

Смесь бензальдегида и ацетона аккуратно приливали к раствору гидроксида натрия в течение 30 минут при интенсивном перемешивании, поддерживая температуру реакционной смеси в пределах 25-30 °С. По окончании реакции на тонкослойной хроматографии (ТСХ) были обнаружены 3 окрашенных пятна, которые соответствуют веществу **A1** и двум его изомерам **A2** и **A3**.

6. Рассчитайте значение коэффициента подвижности ( $R_f$ ) каждого пятна на **Рисунке 2** и предложите структуры **A2** и **A3**.  $R_f$  – это отношение расстояния от центра пятна к расстоянию, пройденному растворителем.



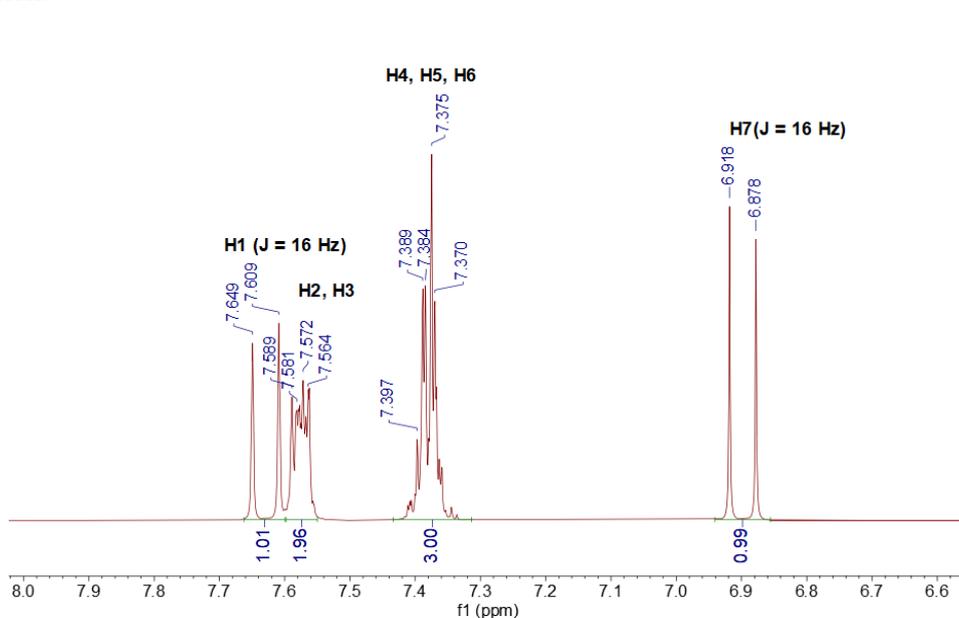
**Рисунок 2.** ТСХ после реакции

По окончании реакции из раствора выпадает желтый осадок, который был выделен из реакционной смеси вакуумным фильтрованием с использованием воронки Бюхнера.

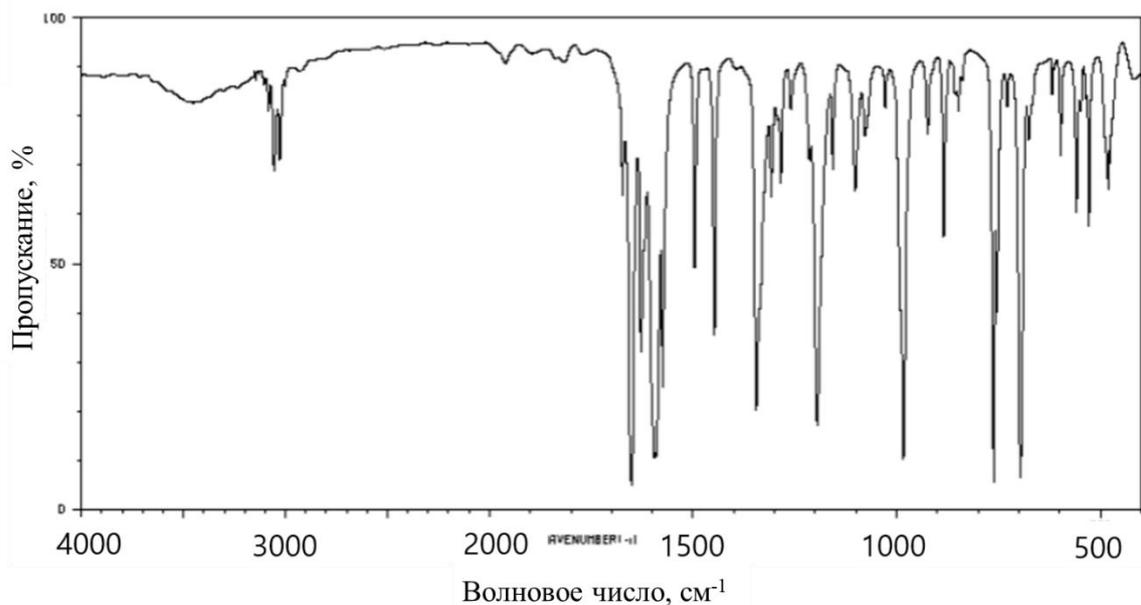
7. Изобразите типичную установку для вакуумной фильтрации и назовите каждый из ее компонентов.

Отфильтрованный осадок промыли дистиллированной водой и для выделения чистого **A1** перекристаллизовали из 95%-ного этанола.  $^1\text{H}$ -ЯМР и ИК-спектры вещества **A1**, показаны ниже.

8. Сопоставьте протоны **H1-H7** из  $^1\text{H}$ -ЯМР спектра (**Рисунок 3**) с протонами в структурной формуле **A1**. В соответствии с ИК спектром (**Рисунок 4**) вещества **A1** напишите значения волновых чисел полос (пиков) и соответствующие им функциональные группы или кратные связи.



**Рисунок 3.** 400 МГц  $^1\text{H}$ -ЯМР спектр вещества **A1**

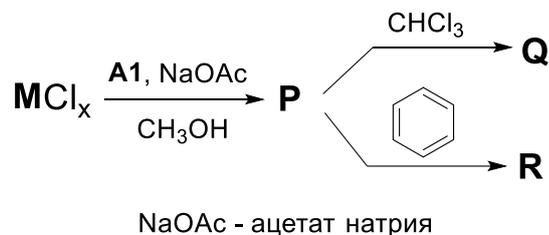


**Рисунок 4.** ИК-спектр вещества **A1**

9. Сколько граммов **A1** должно получиться после реакции, если средний выход продукта составляет 84%?

10. Почему **A1** используется в качестве ингредиента солнцезащитных средств? Какие еще химические вещества защищают от УФ излучения (приведите 2 примера)?

В органометаллической химии **A1** используется в качестве лиганда. Например, вещество **Q** является одним из типичных катализаторов для проведения реакций кросс-сочетания. Ниже приведена схема получения соединения **Q** из хлорида металла  $MCl_x$  и **A1**:

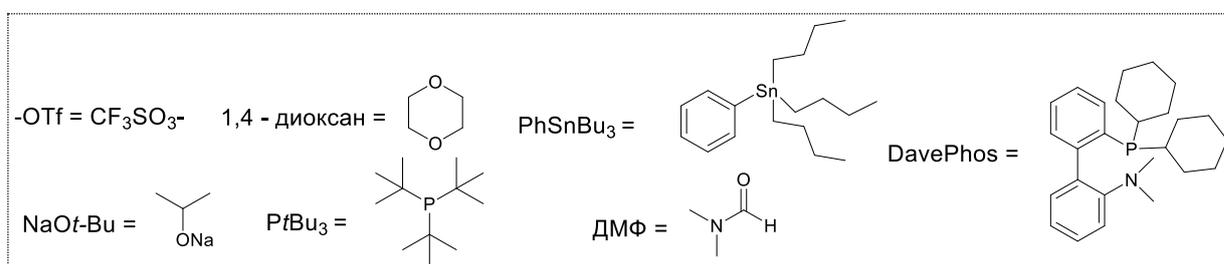


11. Определите металл **M** и формулы веществ **P**, **Q** и **R**, если известно, что массовая доля **A1** в них составляет 81.49%, 67.90% и 70.72% соответственно

Ниже приведены различные реакции, в которых **Q** выступает в роли катализатора.

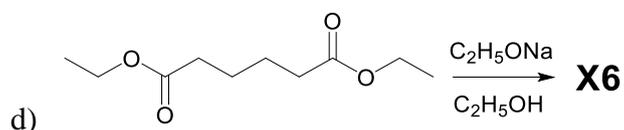
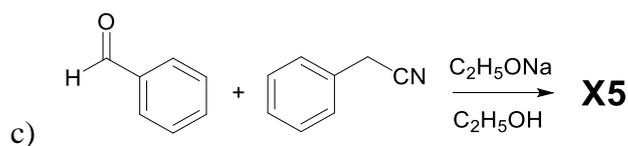
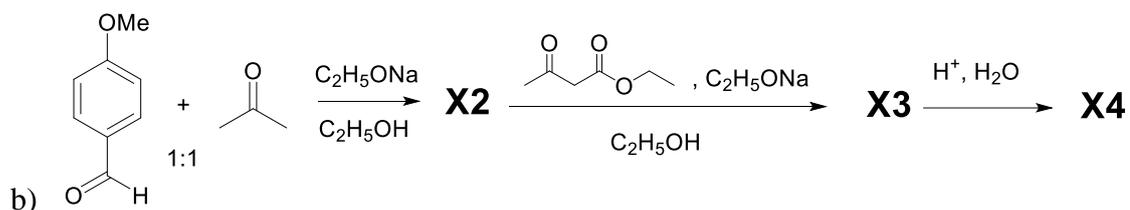
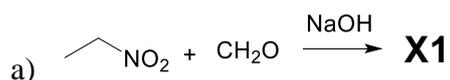
№	Реакция	Комментарии о продуктах реакции
1.		В спектре $^1\text{H}$ -ЯМР продукта <b>S</b> ( $M^+ = 146$ ) отсутствуют сигналы с $\delta < 4.91$ м.д

2		Продукт <b>T</b> ( $C_{21}H_{15}NO$ ) с азотистой кислотой не дает качественной реакции
3		Молекулярная масса <b>U</b> меньше молекулярной массы <b>V</b>
4		В ИК спектре продукта <b>W</b> наблюдается полоса при $3345\text{ см}^{-1}$ , а в $^1\text{H}$ -ЯМР-спектре два вицинальных протона имеют $J = 11.6$ Гц

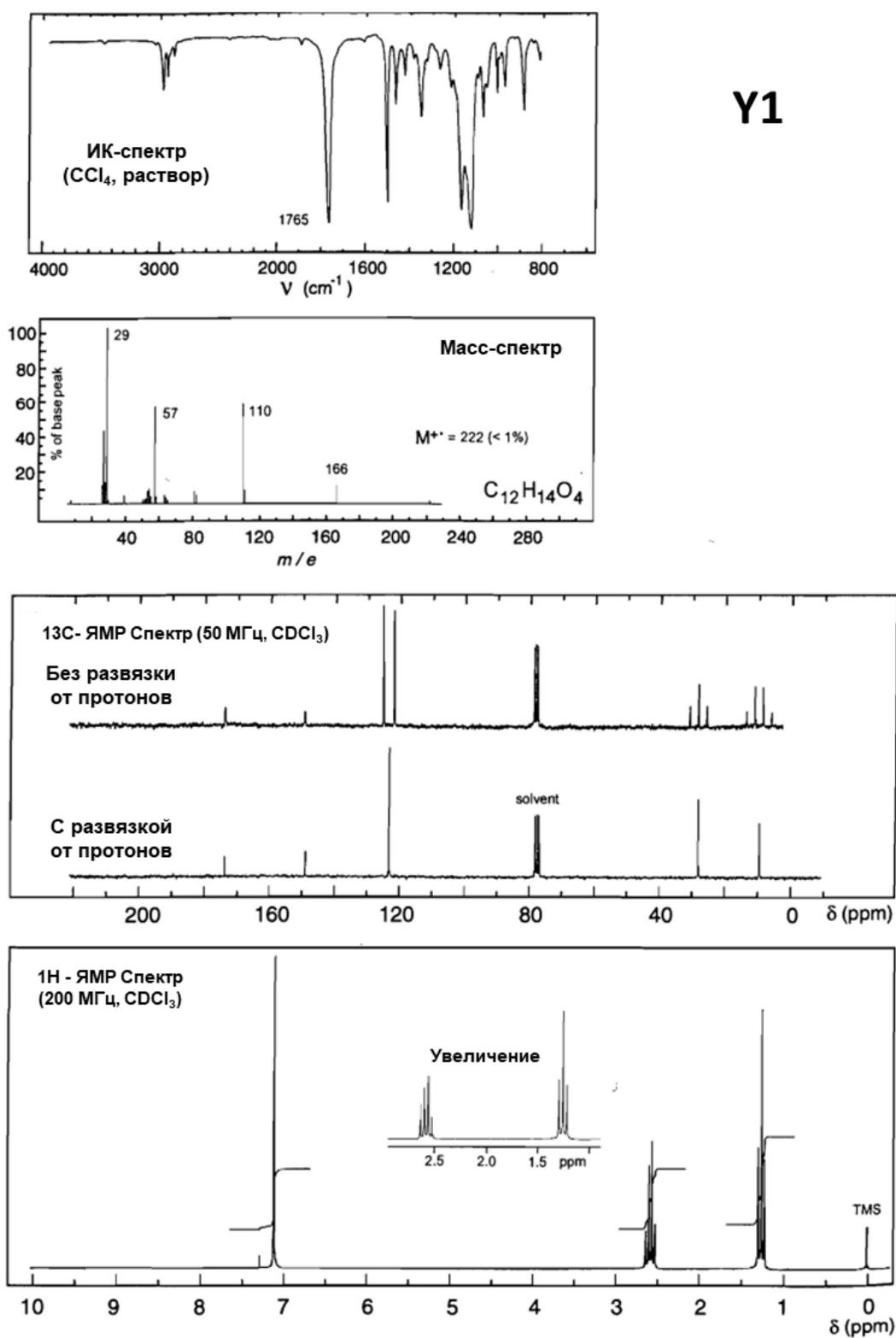


12. Напишите структурные формулы веществ **S**, **T**, **U**, **V** и **W**.

13. Приведите структурные формулы **X1-X6**, образующихся в каждой из приведенных ниже реакций.



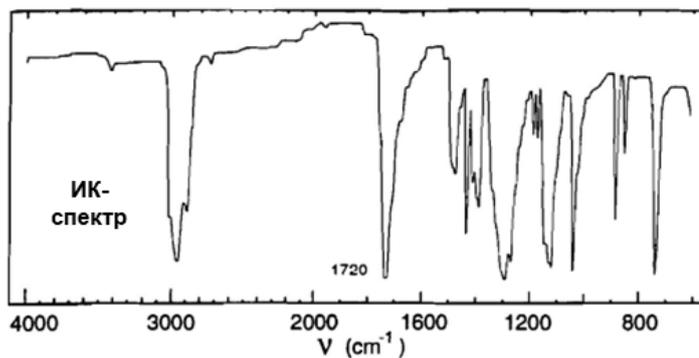
14. Приведите структурные формулы изомеров **Y1-Y5** ( $C_{12}H_{14}O_4$ ), основываясь на приведенных ниже спектральных данных.



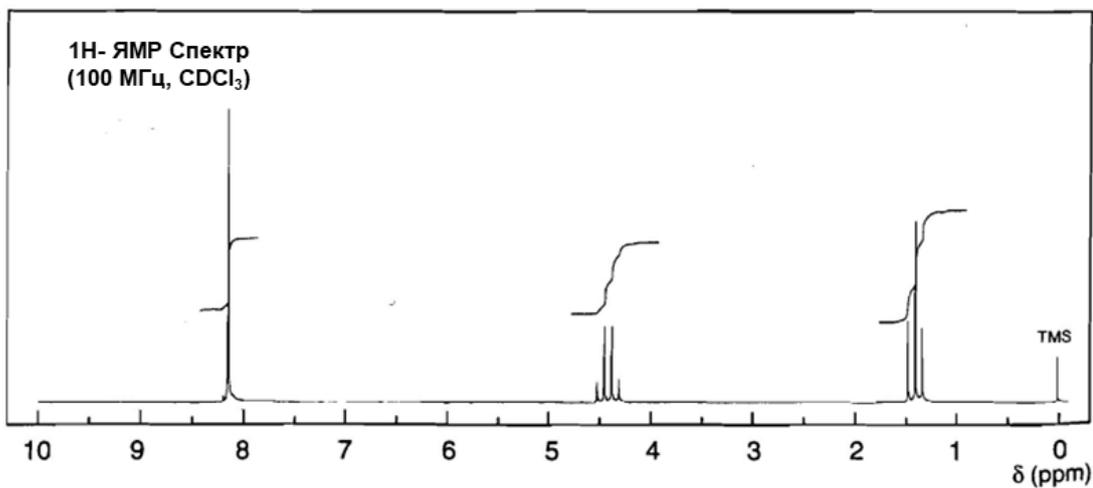
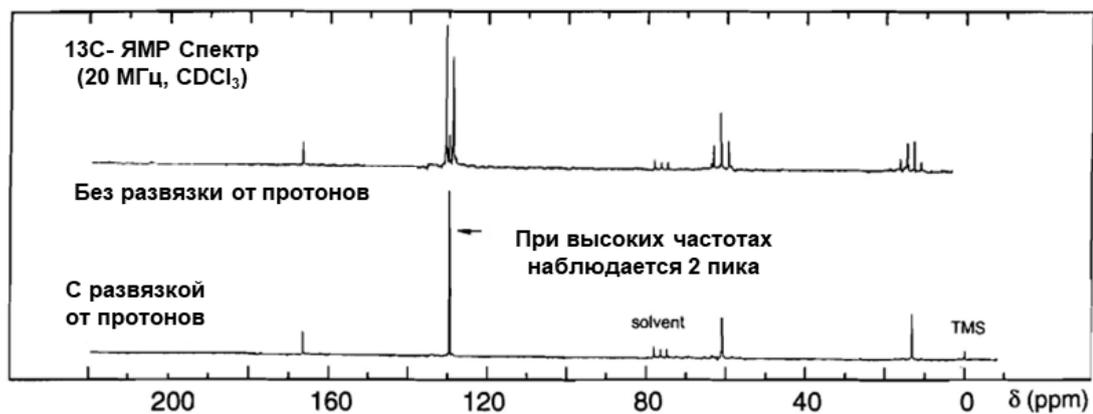
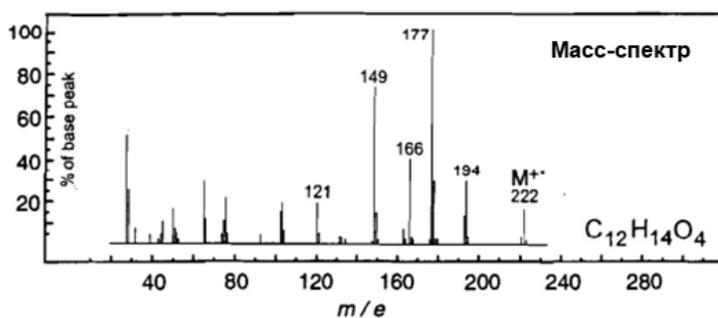
*Solvent – растворитель;*

TMS – тетраметилсилан;

ppm – миллионная доля (м.д.);



Y2



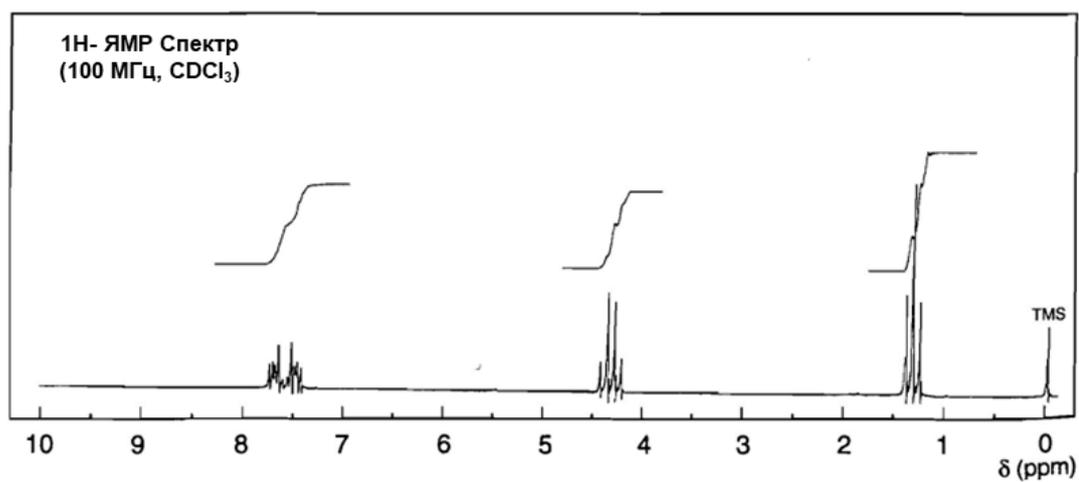
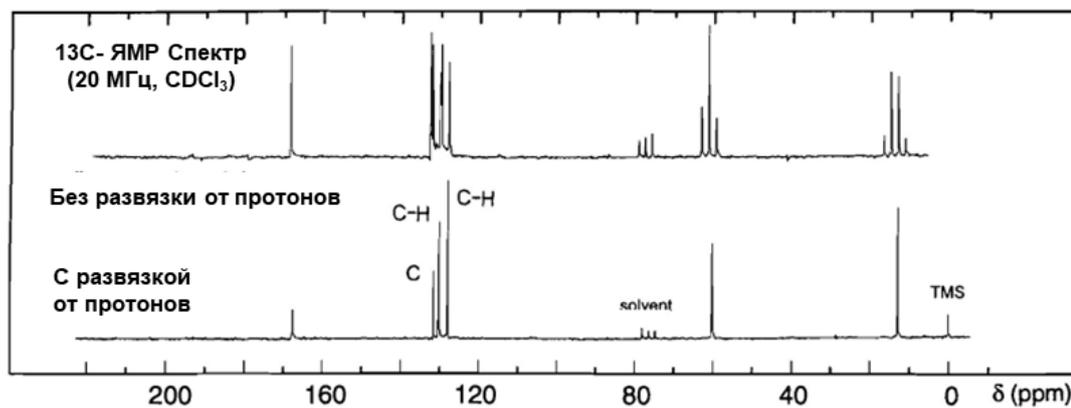
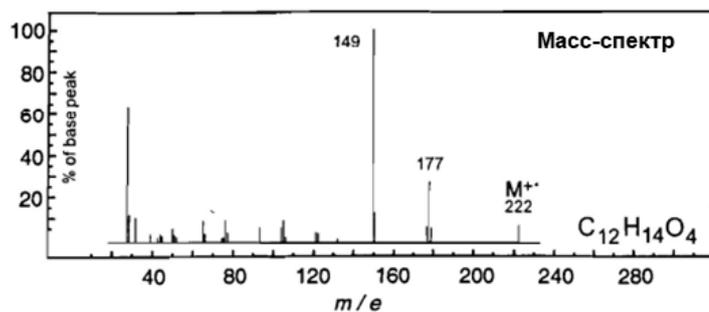
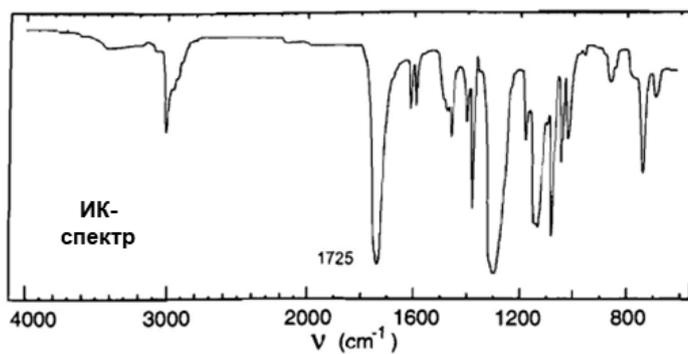
Solvent – растворитель;

TMS – тетраметилсилан;

ppm – миллионная доля (м.д.);



УЗ

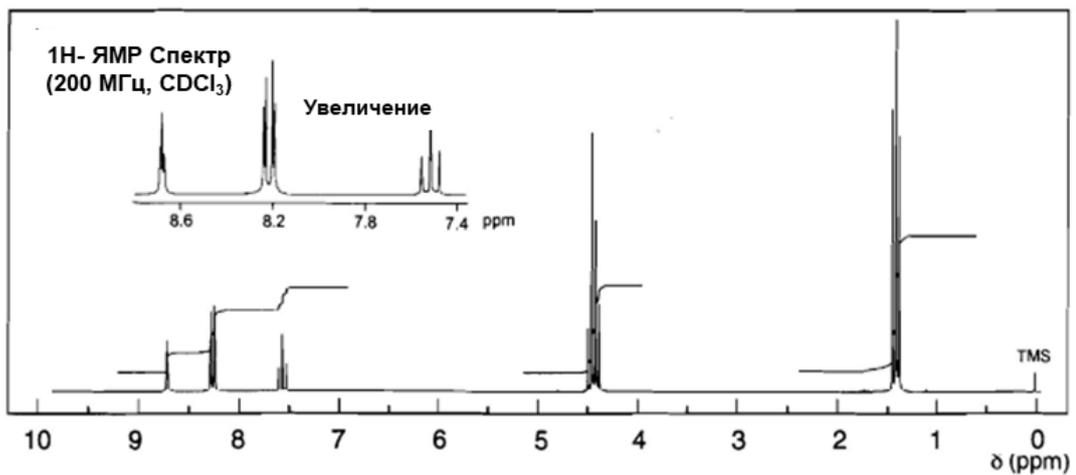
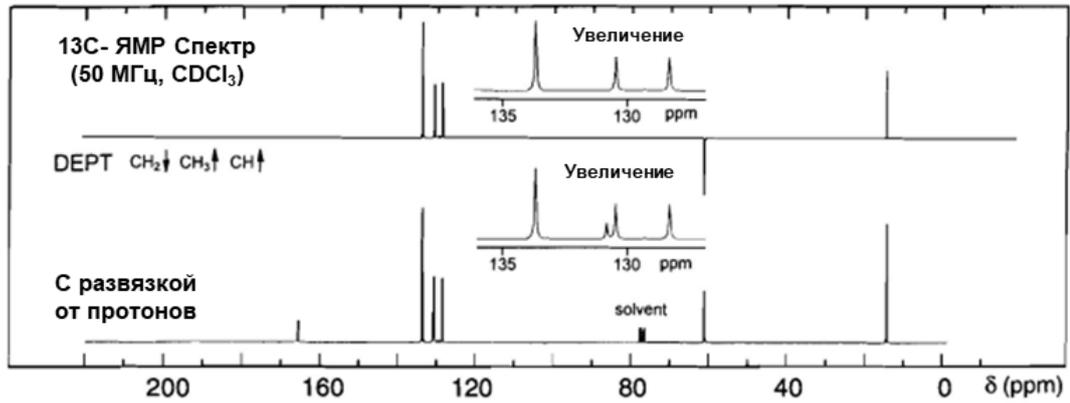
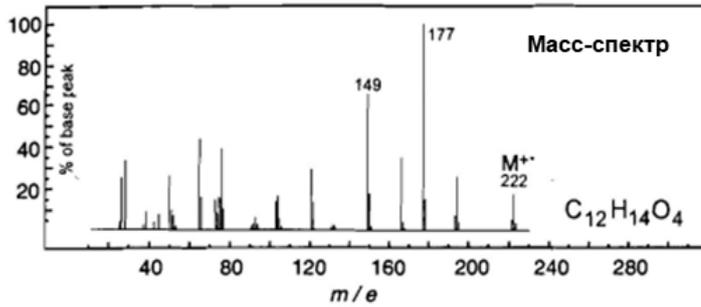
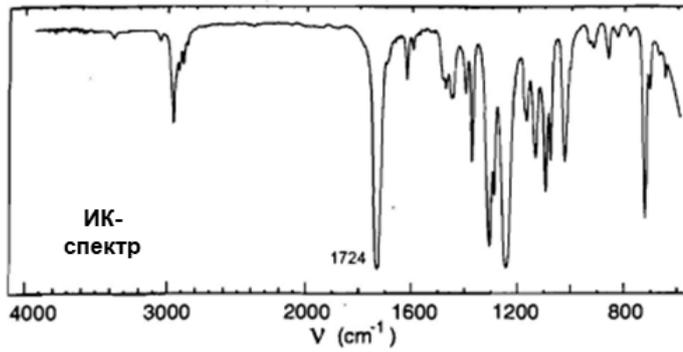


*Solvent* – растворитель;

*TMS* – тетраметилсилан;

*ppm* – миллионная доля (м.д.);

У4

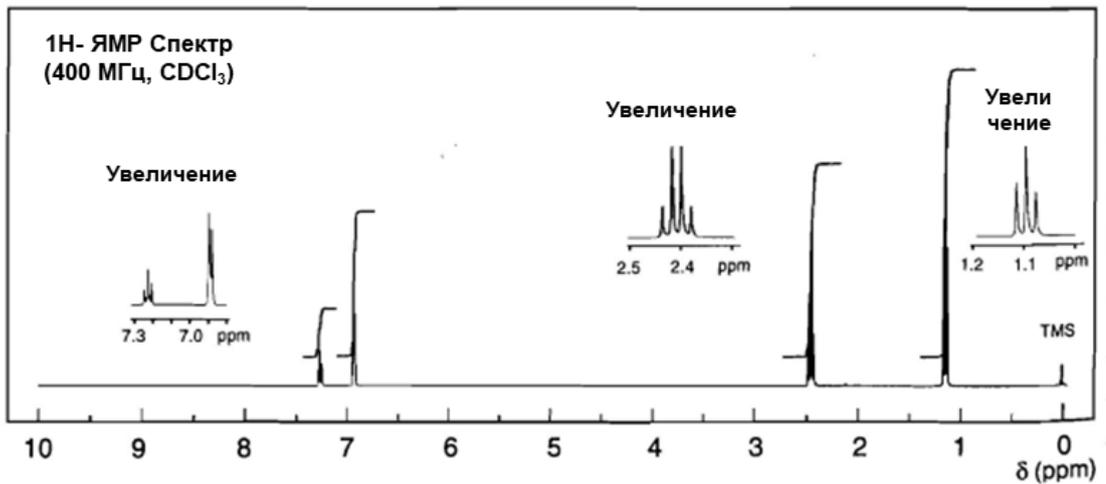
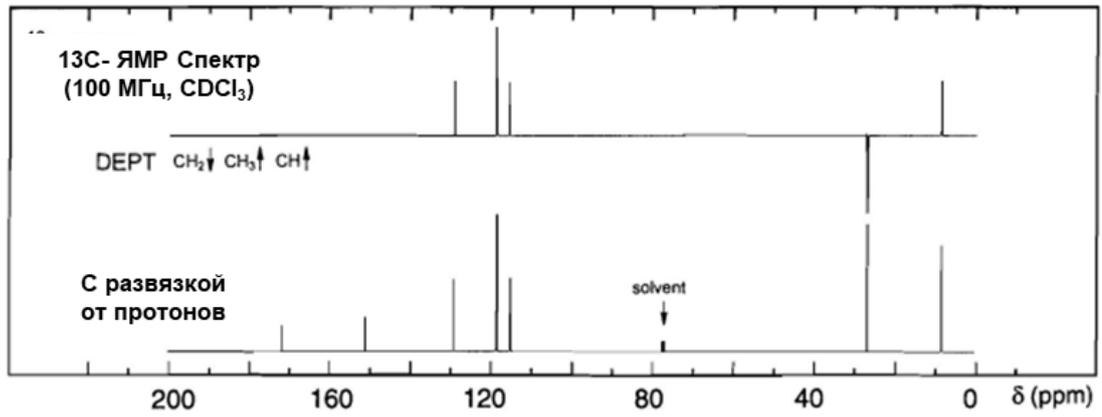
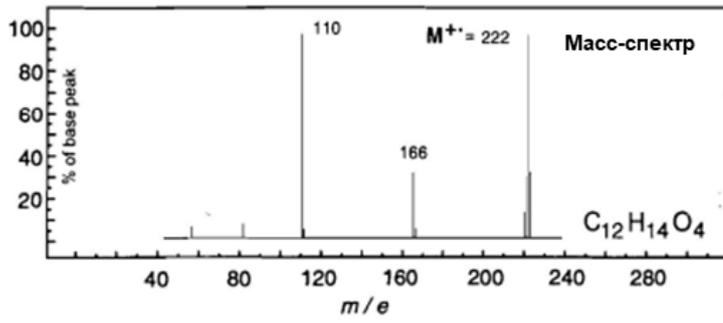
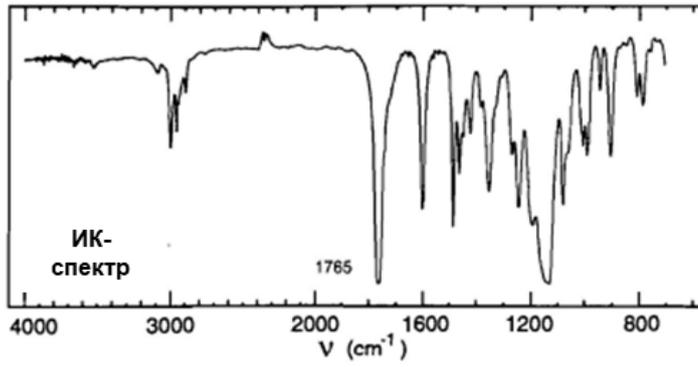


*Solvent* – растворитель;

*TMS* – тетраметилсилан;

*ppm* – миллионная доля (м.д.);

Y5



*Solvent* – растворитель;

*TMS* – тетраметилсилан;

*ppm* – миллионная доля (м.д.);

## МЛАДШАЯ ЛИГА. РЕШЕНИЯ

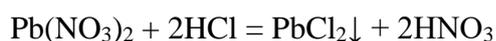
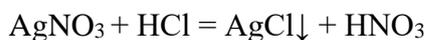
### Задача 1

1.

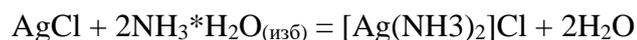
**Таблица. Ход разделения металлов**

№	Исследуемый объект	Реагент	Наблюдения	Состав фаз после разделения	
				Осадок	Раствор
1	<u>Раствор 1</u>	HCl	Выпадение белого осадка	<u>Осадок 1:</u> AgCl, PbCl <sub>2</sub>	<u>Раствор 2:</u> Cu <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> , Sn <sup>+2</sup> , Mg <sup>+2</sup> , Ba <sup>+2</sup>
2	<u>Осадок 1</u>	NH <sub>3</sub> *H <sub>2</sub> O	Растворение части осадка	PbCl <sub>2</sub>	[Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>+</sup>
3	<u>Раствор 2</u>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Выпадение белого осадка	BaSO <sub>4</sub>	<u>Раствор 3:</u> Cu <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> , Sn <sup>+2</sup> , Mg <sup>+2</sup>
4	<u>Раствор 3</u>	Изб. NaOH	Выпадение осадка	<u>Осадок 2:</u> Cu(OH) <sub>2</sub> , Fe(OH) <sub>3</sub> , Mg(OH) <sub>2</sub>	<u>Раствор 4:</u> [Sn(OH) <sub>4</sub> ] <sup>-2</sup> , [Zn(OH) <sub>4</sub> ] <sup>-2</sup>
5	<u>Раствор 4</u>	1) HCl 2) изб. NH <sub>3</sub> *H <sub>2</sub> O	Выпадение осадка	Sn(OH) <sub>2</sub>	[Zn(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]Cl <sub>2</sub>
6	<u>Осадок 2</u>	изб. NH <sub>3</sub> *H <sub>2</sub> O	Растворение части осадка	<u>Осадок 3:</u> Fe(OH) <sub>3</sub> , Mg(OH) <sub>2</sub>	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ](OH) <sub>2</sub>
7	<u>Осадок 3</u>	NH <sub>4</sub> Cl	Растворение части осадка	Fe(OH) <sub>3</sub>	Mg <sup>+2</sup>

1)



2)

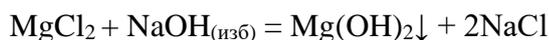
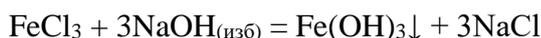
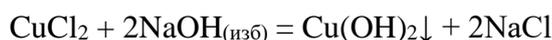


3)

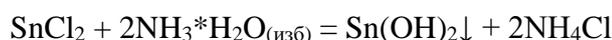
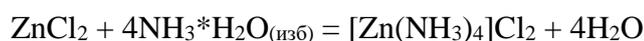
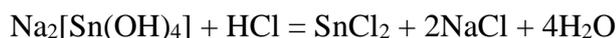
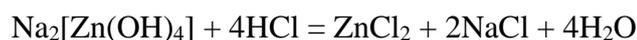


В таких случаях не будет ошибкой писать уравнение реакции с любым анионом содержащимся в растворе.

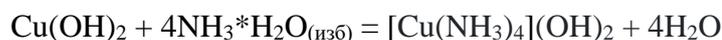
4)



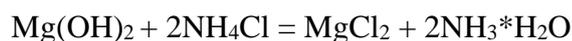
5)



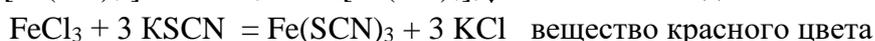
6)



7)



2.

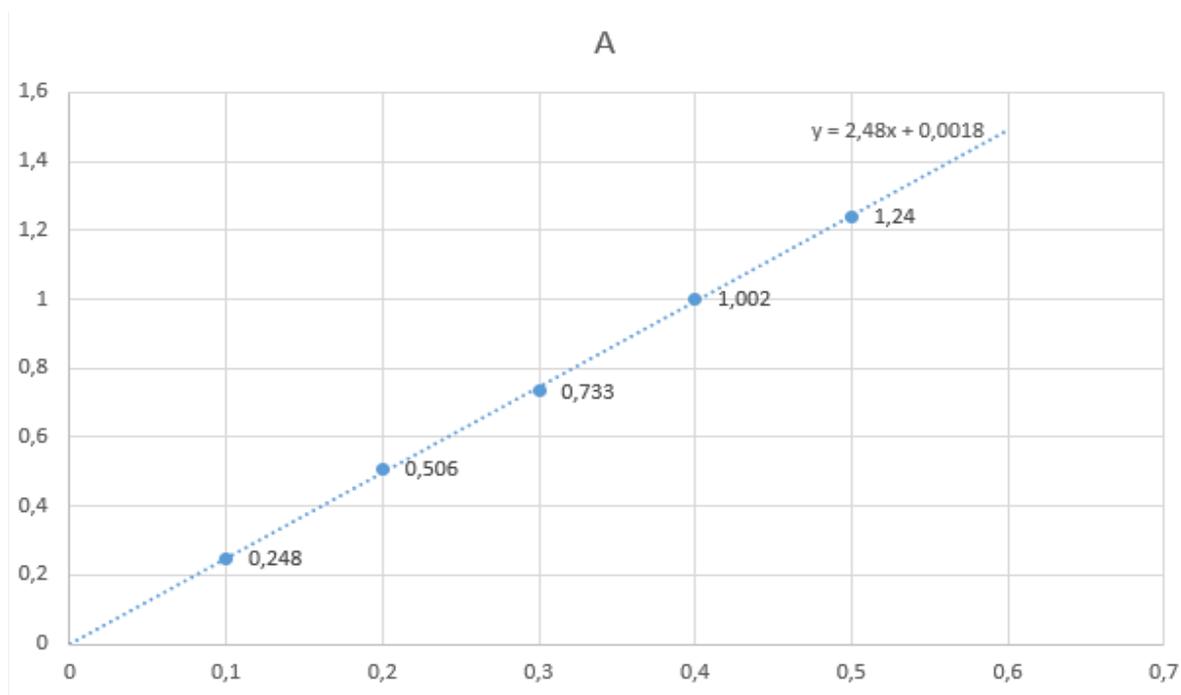


**Критерии оценивания:**

№ вопроса	Элементы решения	Оценка
1	Разделение катионов За каждый катион 2 балла <i>Если нет подтверждающих уравнений реакций, то баллы не ставятся. За каждую ошибку в уравнениях реакций и стехиометрических коэффициентах снимается по 0,5 балла.</i>	16
2	Написание уравнения реакции и цвета вещества Уравнения реакции и цвет вещества оценивается по 0,5 баллов каждый	4
	<b>ИТОГО:</b>	<b>20</b>

## Задача 2

1.

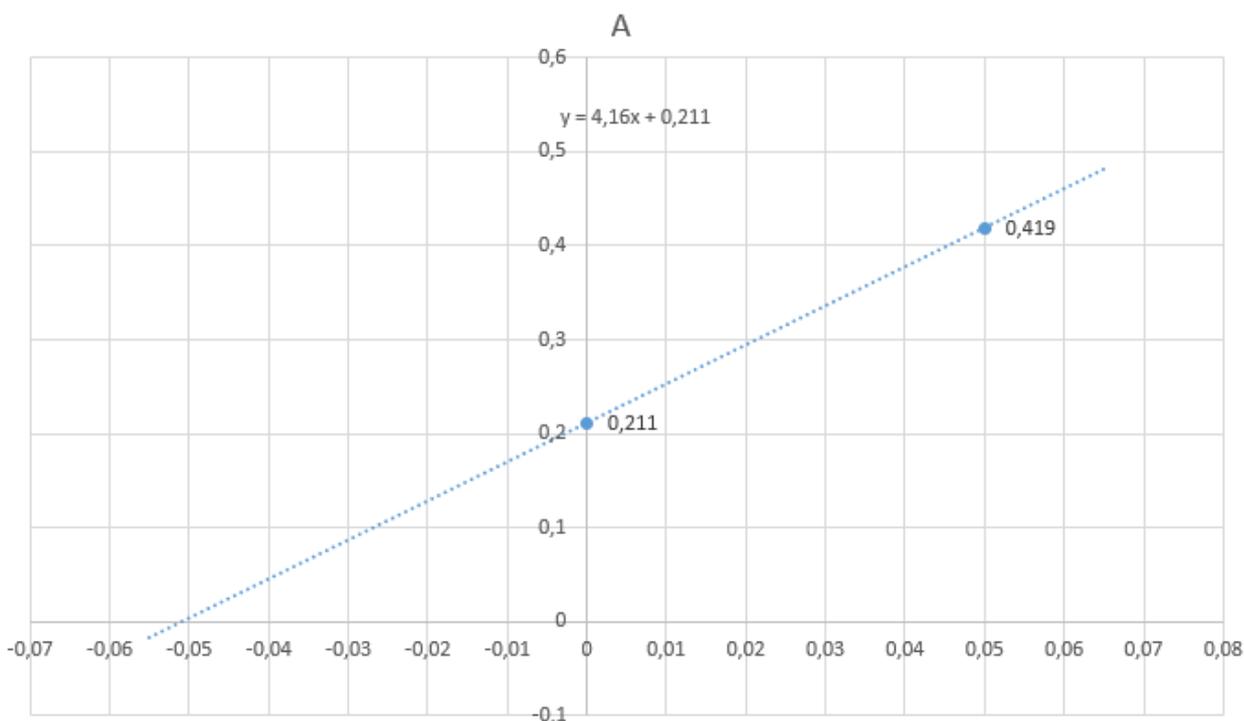


По построенному графику видно, что концентрация хрома в растворе была 0,245 г/л.

Для построения графика определения концентрации никеля нужно вычислить концентрацию добавленного никеля.

$$C_{ст} = m_{Ni}/V_{колбы} = 0,0025/0,05 = 0,05 \text{ г/л}$$

Строим график с двумя точками. И проводим по ним линию, и продолжаем её вниз пока она не пересечет линию абсциссы (горизонтальная линия).



По построенному графику видно, что концентрация никеля в растворе была 0,0507 г/л.

2. Вычисляем массовую долю хрома в стали:

Масса хрома в навеске массой 0.1г была равна  $m = C \cdot V = 0.245 \cdot 0.1 = 0.0245\text{г}$

Масса хрома в образце стали равна  $m_{Cr} = 0.0245 \cdot 13.8 / 0.1 = 3.381\text{ г}$

Массавая доля хрома в образце стали равна  $\omega_{Cr} = 100\% \cdot m_{Cr} / m_{образца} = 24,5\%$

Вычисляем массовую долю никеля в стали:

Масса никеля в навеске массой 0.25г была равна  $m = 0.0507 \cdot 0.05 / 0,02 \cdot 0,05 = 0.00634\text{г}$

Масса никеля в образце стали равна  $m_{Ni} = 0.00634 \cdot 13.8 / 0.25 = 0.350\text{ г}$

Массавая доля никеля в образце стали равна  $\omega_{Ni} = 100\% \cdot m_{Ni} / m_{образца} = 2,54\%$

3.

Если  $I = A / (C \cdot \epsilon)$

$A = 0,384$  ;  $C = 1,2 \cdot 10^{-5}$  ;  $\epsilon = 1,6 \cdot 10^4$

$I = 2\text{ см}$

4. Углерод — находится в стали обычно в виде химического соединения  $\text{Fe}_3\text{C}$ , называемого цементитом. С увеличением содержания углерода до 1,2% твердость, прочность и упругость стали увеличиваются, но пластичность и сопротивление удару понижаются, а обрабатываемость ухудшается, ухудшается и свариваемость.

Хром — наиболее дешевый и распространенный элемент. Он повышает твердость и прочность, незначительно уменьшая пластичность, увеличивает коррозионную стойкость; содержание большого количества хрома делает сталь нержавеющей и обеспечивает устойчивость магнитных сил.

Никель — сообщает стали коррозионную стойкость, высокую прочность и пластичность, увеличивает прокаливаемость, оказывает влияние на изменение коэффициента теплового расширения. Никель – дорогой металл, его стараются заменить более дешевым.

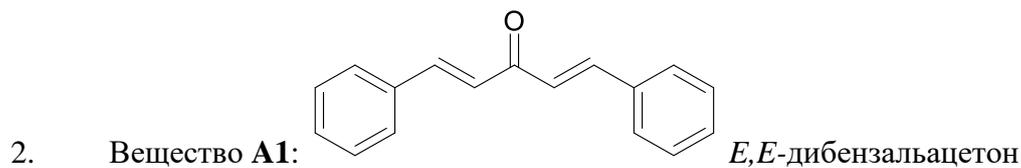
**Критерии оценивания:**

№ вопроса	Элементы решения	Оценка
1	<p>Определение концентрации хрома и никеля в анализируемых растворах по графику</p> <p>За каждый металл:</p> <p>Ошибка &lt;3% - 8 баллов</p> <p>Ошибка &lt;5% - 7 баллов</p> <p>Ошибка &lt;7% - 6 баллов</p> <p>Ошибка &lt;10% - 5 балла</p> <p>Ошибка &lt;20% - 4 балла</p> <p>Ошибка &lt;50% - 2 балла</p> <p>Ошибка &gt;50% - 0 балла</p>	16
2	<p>Определение массовой доли в образце стали (правильность оценивается с учетом полученного значения в 1-ом пункте)</p> <p>Хрома – 4 балла</p> <p>Никеля – 4 балла</p>	8
3	Определение длины кюветы	2
4	<p>Объяснение добавления в сталь углерода, хрома, никеля.</p> <p>Оценивать по относительной полноте ответа</p>	4

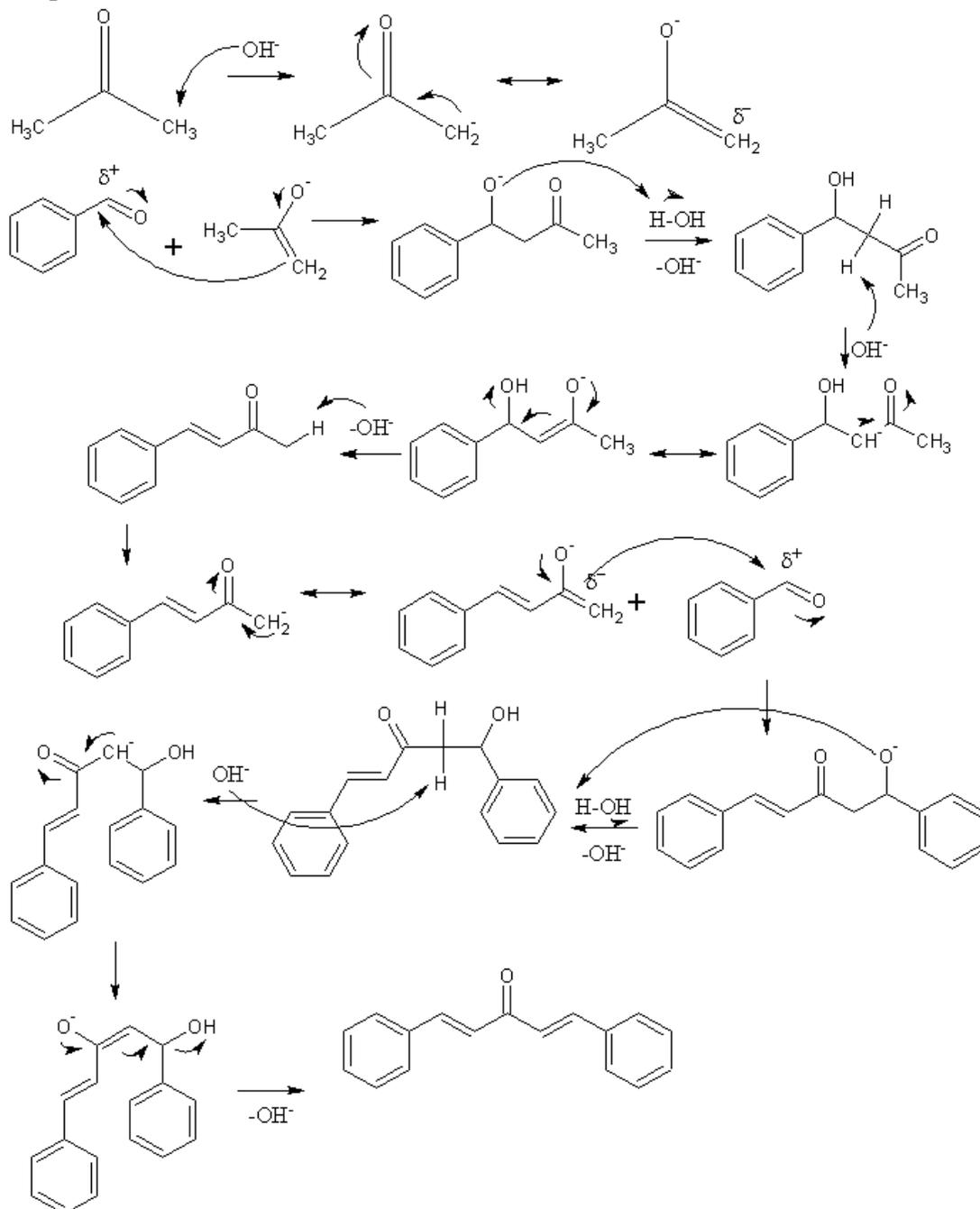
	<b>ИТОГО:</b>	<b>30</b>
--	---------------	-----------

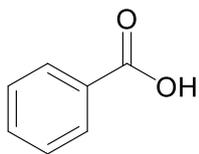
## СТАРШАЯ ЛИГА. РЕШЕНИЯ

1. Хлорфторуглероды (фреоны)  $C_xCl_yF_z$  считаются основными веществами, способными разрушать озоновый слой. Например  $CFCl_3$ ,  $CF_2Cl_2$  и др.



*Механизм реакции:*





3. Вещество **В**: бензойная кислота

- Вакуумная дистилляция бензальдегида
- Экстракция бензальдегида с раствором карбонатом натрия

4.

1-Магнитная мешалка с подогревом

2-Магнитный якорь

3-Термометр

4-Холодильник

5-Капельная воронка

5.

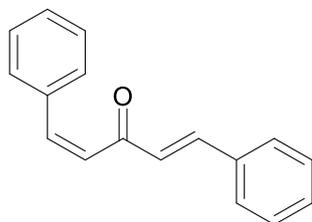
Вещество	Молярная масса, г/моль	Количество вещества, моль	Т.к. (°C)	Плотность г/см <sup>3</sup>	Масса, г	Объем, мл
Бензальдегид	106.12	0.020	178	1.04	2.08	2.00
Ацетон	58.08	0.010	56	0.79	0,58	0,73
NaOH 10 % (масс.) (раствор кат- ра)	40.00	0.0055	-	1.11	2.22 (10%) 0.22 NaOH	2.00

6.

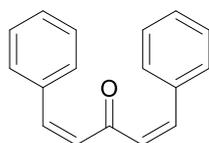
$R_f(\mathbf{A1}) = 0.55$  или 55%

$R_f(\mathbf{A2}) = 0.48$  или 48%

$R_f(\mathbf{A3}) = 0.41$  или 41%



*цис-транс* изомер **A2**

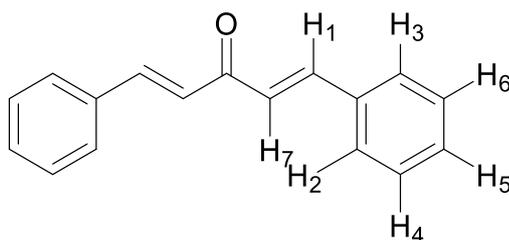


*цис-цис* изомер **A3**

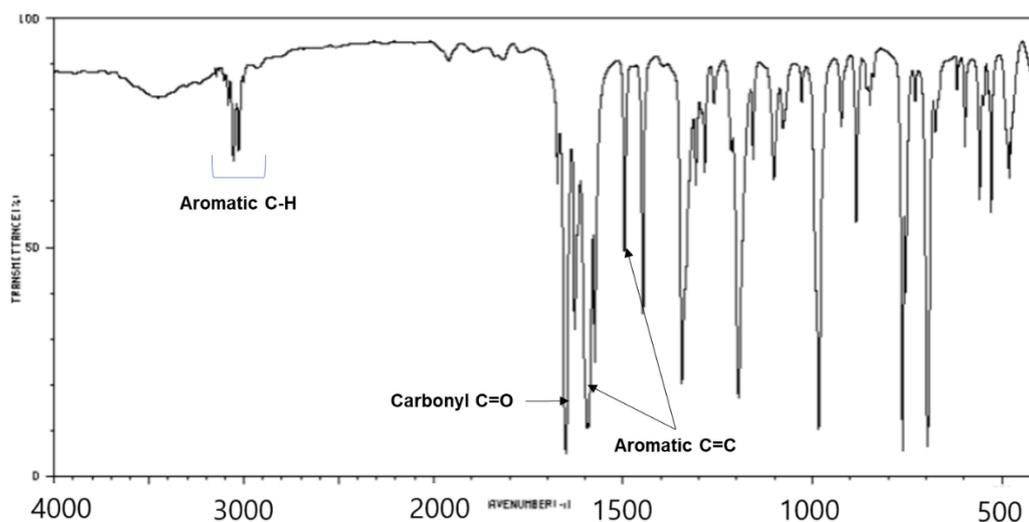
7.



8.



P.S. Если участники перепутали **H<sub>2</sub>** и **H<sub>3</sub>** местами, то все равно ставится максимальный балл. Это же относится к **H<sub>4</sub>**, **H<sub>5</sub>**, **H<sub>6</sub>**.



9. 1,97 г

10. Наличие сопряженных двойных связей обуславливает высокую антиоксидантную активность дибензальацетона. Высокая концентрация  $\pi$ -электронов приводит к поглощению и уменьшению энергии солнечного света (ультрафиолета), тем самым защищая кожу от прямого воздействия. Другими примерами могут быть:  $\text{ZnO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ , авобензон, бензофеноны, мерадимат и др.

11.

**M** – Pd Палладий

**P** –  $\text{Pd}(\text{dba})_2$  – dba (дибензальацетон)

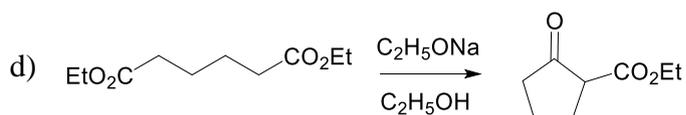
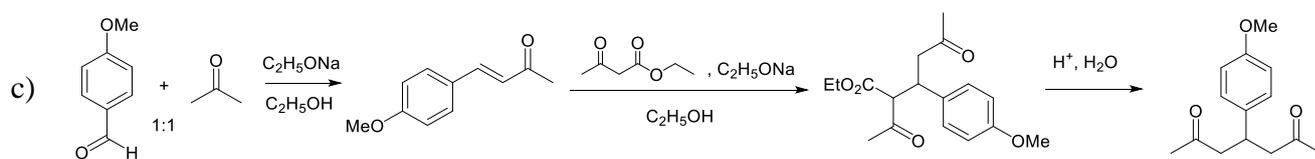
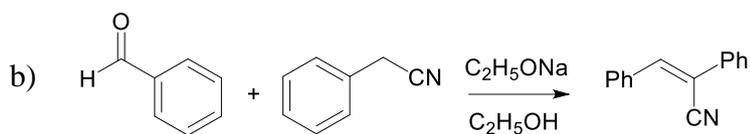
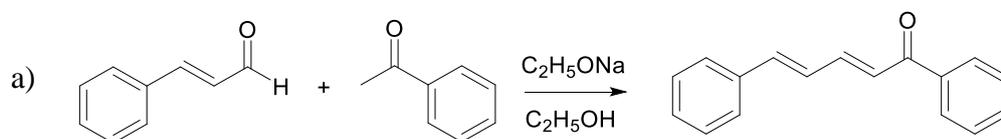
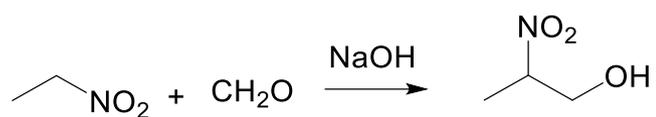
**Q** –  $\text{Pd}_2(\text{dba})_3(\text{CHCl}_3)$  ( $M = 1035.10$ )

**R** –  $\text{Pd}_2(\text{dba})_3(\text{C}_6\text{H}_6)$  ( $M = 993.84$ )

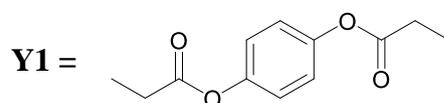
12.

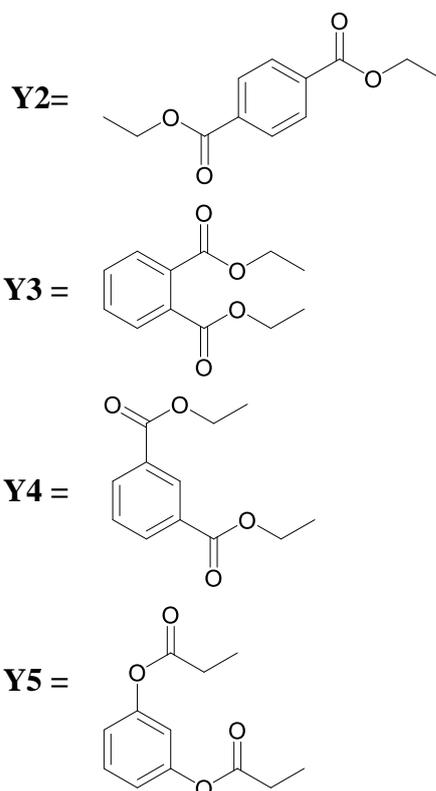
Вещество S	Вещество T	Вещество U
Вещество V	Вещество W	

13.



14.





**Критерии оценивания:**

№ вопроса	Элементы решения	Оценка
1	Верно указан класс веществ или приведены их формулы	1
2	Верная структурная формула вещества <b>A1</b> Верный механизм реакции	2 3
3	Верная структурная формула вещества <b>B</b> Приведен рациональный метод очистки	1 1
4	Верно указаны части экспериментального прибора	2.5
5	Приведена заполненная таблица	1
6	Верно рассчитаны $R_f$ Верные структурные формулы веществ <b>A2</b> и <b>A3</b>	1.5 1
7	Верно указаны части прибора вакуумной фильтрации	2
8	Структурная формула с правильно указанными протонами Верно соотнесены функциональные группы с полосами на ИК-спектре	1 1
9	Правильно рассчитан выход продукта	1
10	Приведена причина использования <b>A1</b> Приведены 2 примера аналогов	1 1
11	Верно определен металл <b>M</b> Верно определены <b>P, Q, R</b>	2 6
12	Верные структурные формулы <b>S, T, U, V, W</b>	10
13	Верные структурные формулы веществ <b>X1-X6</b>	6
14	Верные структурные формулы веществ <b>Y1-Y5</b>	5
	<b>ИТОГО:</b>	<b>50</b>

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H Hydrogen 1.008																	He Helium 4.003
3 Li Lithium 6.968	4 Be Beryllium 9.012											5 B Boron 10.814	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999	9 F Fluorine 18.998	10 Ne Neon 20.180
11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnesium 24.306											13 Al Aluminium 26.982	14 Si Silicon 28.085	15 P Phosphorus 30.974	16 S Sulfur 32.068	17 Cl Chlorine 35.452	18 Ar Argon 39.948
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.867	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.38	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.630	33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.971	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.798
37 Rb Rubidium 85.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.95	43 Tc Technetium [99]	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.906	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.868	48 Cd Cadmium 112.414	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.710	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.60	53 I Iodine 126.904	54 Xe Xenon 131.293
55 Cs Caesium 132.905	56 Ba Barium 137.327	57-71 La-Lu Lanthanoids	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.948	74 W Tungsten 183.84	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.217	78 Pt Platinum 195.084	79 Au Gold 196.967	80 Hg Mercury 200.592	81 Tl Thallium 204.384	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.98	84 Po Polonium [210]	85 At Astatine [210]	86 Rn Radon [222]
87 Fr Francium [223]	88 Ra Radium [226]	89-103 Ac-Lr Actinoids	104 Rf Rutherfordium [267]	105 Db Dubnium [268]	106 Sg Seaborgium [271]	107 Bh Bohrium [272]	108 Hs Hassium [277]	109 Mt Meitnerium [278]	110 Ds Darmstadtium [281]	111 Rg Roentgenium [280]	112 Cn Copernicium [285]	113 Nh Nihonium [288]	114 Fl Flerovium [289]	115 Mc Moscovium [289]	116 Lv Livermorium [293]	117 Ts Tennessine [293]	118 Og Oganesson [294]
57-71 La-Lu Lanthanoids	57 La Lanthanum 138.905	58 Ce Cerium 140.116	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.242	61 Pm Promethium [145]	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.045	71 Lu Lutetium 174.967		
89-103 Ac-Lr Actinoids	89 Ac Actinium [227]	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium [237]	94 Pu Plutonium [239]	95 Am Americium [243]	96 Cm Curium [247]	97 Bk Berkelium [247]	98 Cf Californium [252]	99 Es Einsteinium [252]	100 Fm Fermium [257]	101 Md Mendelevium [258]	102 No Nobelium [259]	103 Lr Lawrencium [262]		

Key:

113 Nh Nihonium [278]	atomic number
Symbol	name
atomic weight [in parenthesis for the radioactive element]	

### Electrochemical series

Li, Rb, K, Cs, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Be, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Pb, (H), Bi, Cu, Hg, Ag, Pd, Pt, Au

### Solubility table

anion/cation	OH <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	S <sup>2-</sup>	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>
H <sup>+</sup>		P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	P
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P
K <sup>+</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Na <sup>+</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Ag <sup>+</sup>	-	P	P	H	H	H	H	H	M	H	-	H	P
Ba <sup>2+</sup>	P	P	M	P	P	P	P	H	H	H	H	H	P
Ca <sup>2+</sup>	M	P	H	P	P	P	M	H	M	H	H	H	P
Mg <sup>2+</sup>	H	P	M	P	P	P	M	H	P	H	H	H	P
Zn <sup>2+</sup>	H	P	M	P	P	P	H	H	P	H	-	H	P
Cu <sup>2+</sup>	H	P	P	P	P	-	H	H	P	-	-	H	P
Co <sup>2+</sup>	H	P	P	P	P	P	H	H	P	H	-	H	P
Hg <sup>2+</sup>	-	P	-	P	M	H	H	-	P	-	-	H	P
Pb <sup>2+</sup>	H	P	H	M	M	H	H	H	H	H	H	H	P
Fe <sup>2+</sup>	H	P	P	P	P	P	H	H	P	H	H	H	P
Fe <sup>3+</sup>	H	P	P	P	P	-	-	-	P	-	-	H	P
Al <sup>3+</sup>	H	P	P	P	P	P	-	-	P	-	-	H	P
Cr <sup>3+</sup>	H	P	P	P	P	P	-	-	P	-	-	H	P
Sn <sup>2+</sup>	H	P	H	P	P	M	H	-	P	-	-	H	P
Mn <sup>2+</sup>	H	P	P	P	P	P	H	H	P	H	H	H	P

P – soluble    M – slightly soluble (< 0,1 M)    H – insoluble    (- < 10<sup>-4</sup> M) – compound does not exist

## JUNIOR LEAGUE

### Problem 1

Knowledge of chemical properties and methods of separation and determination of substances is one of the most basic in practical chemistry. And before conducting experiments, a chemist must conduct a thought experiment with a theoretical understanding of the processes taking place.

You have a solution containing a mixture of nitrate cations  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$

1) Propose a method for separating these cations using only the specified chemical reagents. Confirm your answers with reaction equations.

Reagents: 10% aqueous solutions HCl,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , NaOH,  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$

2) Write the equations for reactions **1-4** and describe the phenomena observed during their course:

- Prussian blue is a precipitate, precipitated by the action of yellow prussiate of potash on iron (III) ions. (*reaction 1*)
- In the presence of iron (III) ions, when potassium rhodanate is added, the substance iron rhodanate (III) is formed. (*reaction 2*)
- Silver nitrate gives with one of the halide ions gives a precipitate with the most intense color (*reaction 3*)
- Also, this halide ion forms a colored precipitate with lead nitrate. (*reaction 4*)

## Problem 2

Spectrophotometry is a physicochemical method for studying solutions and solids, based on the study of absorption spectra in the ultraviolet, visible and infrared regions of the spectrum. . it depends linearly on the concentration of the substance) of the incident light on the wavelength. Spectrophotometry is widely used in studying the structure and composition of various compounds (complexes, dyes, analytical reagents, etc.), for the qualitative and quantitative determination of substances (determination of trace elements in metals, alloys, technical objects).

Let's imagine that a steel sample containing chromium and nickel, weighing 13.800 g, has arrived at the laboratory. To determine the chromium and nickel content in the steel sample, a photometric method of analysis was used.

To determine the chromium content, a sample of steel weighing 0.1000 g was taken. During the analysis, a solution with a volume of 100 ml and an optical density  $A$  of 0.609 was obtained. In parallel, the optical density was determined using standard solutions with a known concentration of chromium, the results of which are presented in Table 1.

Table 1. Results of studies of optical density  $A$

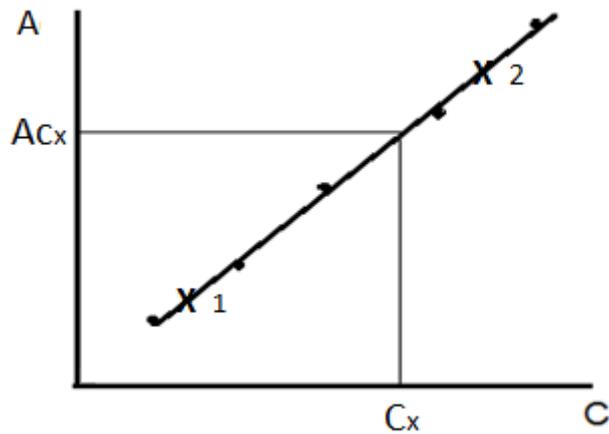
$C_{Cr}, g/l$	$A(\text{optical density})$
0.100	0.248
0.200	0.506
0.300	0.733
0.400	1.002
0.500	1.240

The addition method was used to determine the nickel content in the steel sample. To do this, a sample of steel weighing 0.2500 g was transferred into a solution and the volume of the solution was brought in a volumetric flask to 50.00 ml. After that, 20.00 ml aliquots of the solution were taken into two 50 ml volumetric flasks. A standard nickel solution ( $m_{Ni} = 0.0025$  g) was added to one of the flasks, then after adding the necessary reagents, the solutions in the flasks were brought to the mark, the optical densities were measured and obtained  $A_x = 0.211$  and  $A_{x+st} = 0.419$

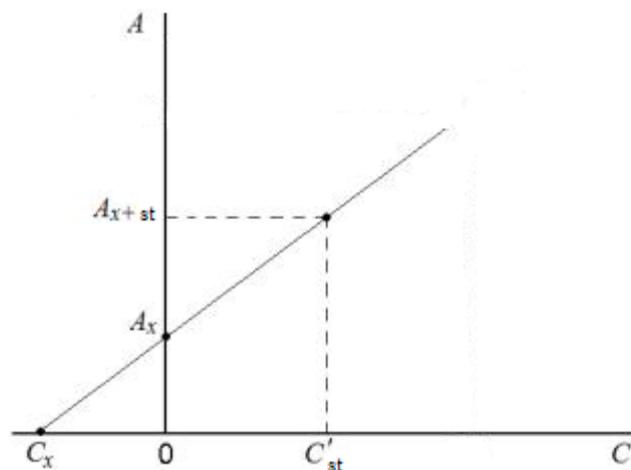
According to the chromium determination data, we build a calibration graph. The calibration graph is built using a millimeter ruler (or millimeter paper), plotting on the abscissa axis (horizontal axis) the known concentrations of standard solutions, and on the ordinate axis (vertical axis) the measured values of the optical density of standard solutions. A calibration line is built from the obtained points.

When constructing a graph, it is necessary to choose the right scale so that the accuracy of the calculations matches the accuracy of the original data as best as possible.

After the constructing of the calibration graph, the concentration determination is started.



To determine the nickel content by the addition method, we build another graph. This method is used for the analysis of complex solutions, because it allows you to automatically take into account the influence of foreign components of the analyzed sample. First, the optical density of the test solution with an unknown concentration is measured, then a known amount of the standard solution of the analyte component ( $C_{st}$ ) is added to the analyzed solution, and the optical density of  $A_x$  and  $A_{x+st}$  is measured. The concentration of the analyte in the addition method can be found graphically. If you build a graph of  $A_{x+st}$  as a function of  $C_{st}$ , then you get a straight line, the extrapolation of which to the intersection with the x-axis gives a segment equal to  $-C_x$ .



1. Determine the concentration of chromium and nickel in the analyzed solutions from the graphs.
2. Determine the mass fraction of chromium and nickel in the brought steel sample.
3. The dependence of the absorption intensity of monochrome radiation on the concentration of the substance and the thickness of the absorbing layer is expressed by the Beer–Lambert–Bouguer law:

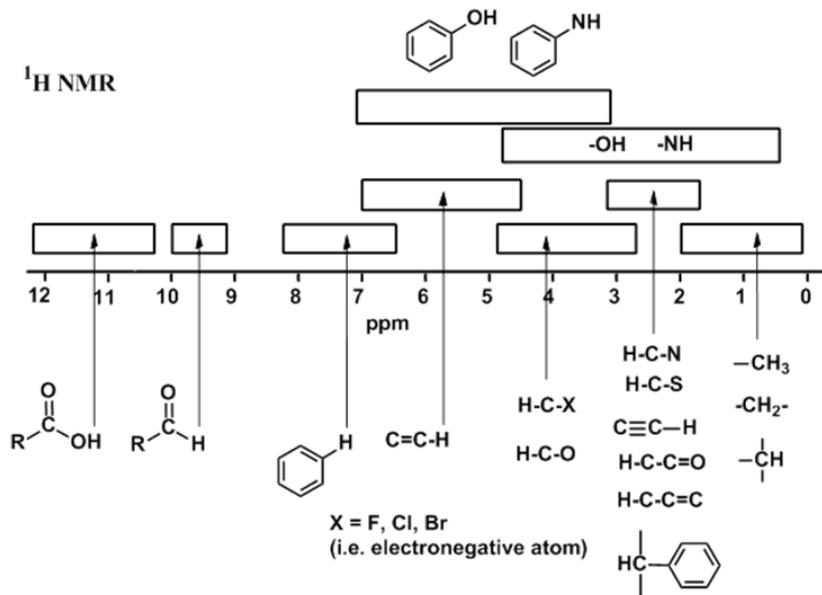
$$A = \lg (I_0 / I) = \varepsilon C l,$$

where:  $A$  - is the optical density of the solution;  $I_0$  - is the intensity of the initial radiation;  $I$  - is the intensity of the radiation passed through the solution;  $l$  - is the thickness of the absorbing layer (the length of the cuvette);  $\varepsilon$  - is the light absorption coefficient (extinction) of the substance;  $C$  - is the concentration of the substance in the solution.

The molar extinction coefficient of the complex compound of aluminum with alizarin is  $1.6 \cdot 10^4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  at a wavelength of 485 nm. What length of cuvette should be chosen for photometry so that the optical density of the solution is not less than 0.384 with an aluminum content of  $1.2 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ ?

4. Explain why carbon is added to iron? chrome and nickel?

## SENIOR LEAGUE



### Typical coupling constants

Fragment	J(Hz)	Fragment	J(Hz)
	7-12		12-15
	13-18		0-10
	0.5-3		6-9 1-3 0-1
	0.5-2.5		1-3
	4-10		6.5-7.5
	0-3		5.5-7
	9-13		5-9 2-4

## 13C-NMR chemical shifts

Type of Carbon	Chemical Shift (ppm)	Type of Carbon	Chemical Shift (ppm)
$R-CH_3$	0 – 35		80 – 150
$R-CH_2$	15 – 55		110 – 170
$R-CH$	25 – 55		165 – 175
$R-C-R$	30 – 40		175 – 185
$C-X$ (X: Cl, Br or N)	10 – 65		190 – 200
$C-O$	50 – 90		200 – 220
$R-C\equiv$	70 – 90		

## IR Absorption frequency table

Functional Group	Absorption ( $cm^{-1}$ )	Intensity	Functional Group	Absorption ( $cm^{-1}$ )	Intensity
<b>Alkene</b> =C-H	3020-3100	Medium	<b>Alcohol</b> O-H	3400-3650	Medium, broad
<b>Alkene</b> C=C	1640-1680	Medium	<b>Alcohol</b> C-O	1050-1150	Medium
<b>Arene</b> C-H	3030	Weak	<b>Carboxylic acid</b> O-H	2500-3100	Strong, broad
<b>Arene</b> C=C	1660-2000 1450-1600	Weak Medium	<b>Carboxylic acid</b> C=O	1710	Strong
<b>Alkyne</b> $\equiv$ C-H	3300	Strong	<b>Ester</b> C=O	1735	Strong
<b>Alkyne</b> C $\equiv$ C	2100-2260	Medium	<b>Ester</b> $sp^2$ C-O	1200-1250	Strong
<b>Nitrile</b> C $\equiv$ N	2210-2260	Medium	<b>Ester</b> $sp^3$ C-O	1000-1100	Strong
<b>Alkyl halide</b> C-Cl	600-800	Strong	<b>Aldehyde</b> C=O	1730	Strong
<b>Alkyl halide</b> C-Br	500-600	Strong	<b>Aldehyde</b> C-H	2720	Weak
<b>Amine</b> N-H	3300-3500	Medium	<b>Ketone</b> C=O	1715	Strong
<b>Amine</b> C-N	1030-1230	Medium	<b>Amide</b> C=O	1690	Strong
<b>Nitro</b>	1540	Strong	<b>Amide</b> N-H 1° amides have 2 N-H stretches. 2° amides have 1 N-H stretch.	3200,3400	Medium

The Ultraviolet Index (UVI) is the international standard for reporting the level of solar UV radiation and may take values from 0 to 11 or higher. A high UVI means that potentially serious damage to the skin and eyes might occur within a short period of exposure. People are advised to wear sunscreen when the UVI is at least 3.

Even though Yakutia is the coldest inhabited place on Earth, daytime temperatures can reach +35 and even +40 °C with average UVI values of 5 to 7.

The UV radiation region includes wavelengths in the range of 100–400 nm and is conventionally divided into three groups:

- UV-A (315–400 nm)
- UV-B (280–315 nm)
- UV-C (100–280 nm)

The UV radiation that reaches the Earth's surface consists mainly of the least harmful UV-A since the more energetic UV-B and UV-C rays are almost completely absorbed by ozone, water vapor, oxygen, and carbon dioxide. This means that in places not covered by the protective ozone layer, people are at risk of exposure to all harmful forms of UV. For this reason, ozone-depleting compounds have been banned or heavily regulated to prevent ozone holes from forming or getting bigger.

15. What kind of chemicals destroy the ozone layer?

Compound **A1** is often used as an active ingredient in sunscreens. It has also been proven to possess anti-inflammatory and pain-relieving properties.

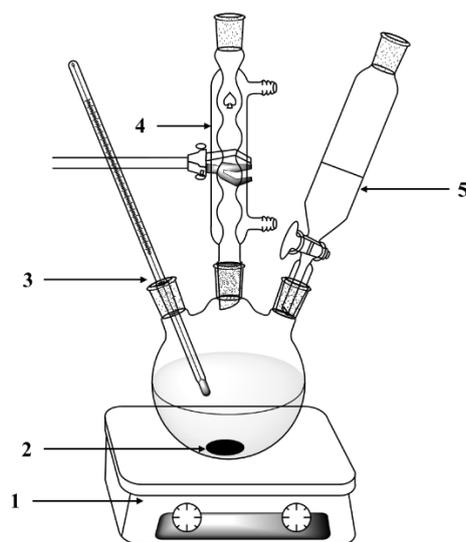
**A1** is prepared via the NaOH-catalyzed cross-condensation reaction of acetone (1 mol) and benzaldehyde (2 mol). This reaction is called the Claisen-Schmidt reaction.

16. Give the structural formula of **A1** and draw the mechanism of the reaction between acetone (1 mol) and benzaldehyde (2 mol).

During long-term storage benzaldehyde is usually contaminated with white crystals of substance **B**, and this can significantly reduce the product yield.

17. Give the structural formula of **B** and suggest a method for removing **B** from benzaldehyde.

The experimental setup for carrying out the Claisen-Schmidt reaction is shown in **Figure 1**.



**Figure 1.** The experiment setup for synthesis

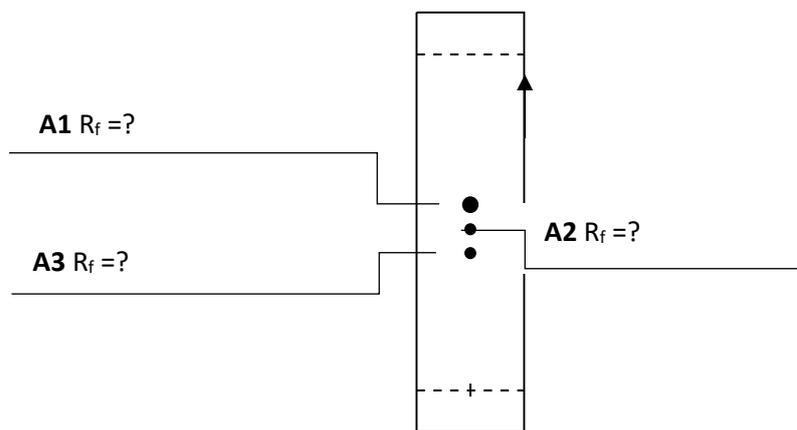
18. Write the name of each element (1-5) in the setup.

19. Complete the table:

Reagent	Molecular weight, g/mol	Amount of substance, mol	b.p. (°C)	Density g/cm <sup>3</sup>	Mass, g	Volume, mL
Benzaldehyde			178	1.04		2.00
Acetone			56	0.79		
NaOH 10 % (w/w) (catalytic solution)			-	1.11		2.00

A mixture of benzaldehyde and acetone was carefully poured into the NaOH solution over 30 min with vigorous stirring while maintaining the temperature of the mixture in the range of 25-30°C. At the end of the reaction, thin layer chromatography (TLC) showed 3 colored spots which correspond to substance **A1** and its two isomers **A2** and **A3**.

20. Calculate the retardation factor ( $R_f$ ) value of each spot in **Figure 2** and propose structures **A2** and **A3**.  $R_f$  is equal to the distance travelled by the solute divided by the distance travelled by the solvent.



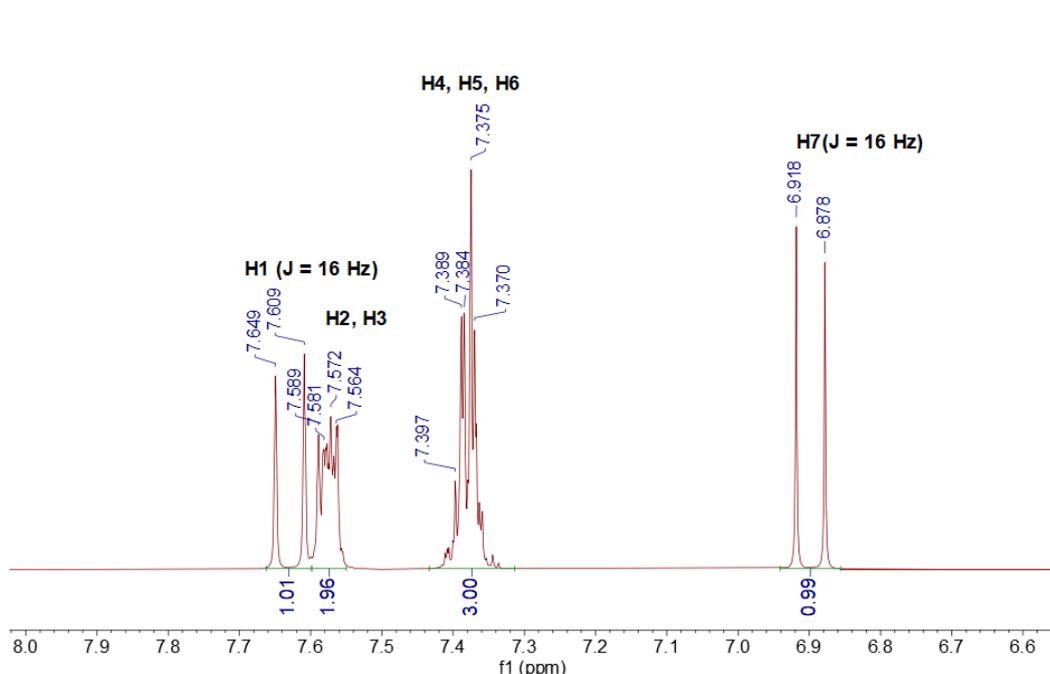
**Figure 2.** TLC after reaction

A yellow solid precipitate eventually formed from the solution. This was collected by vacuum filtration using a Büchner funnel.

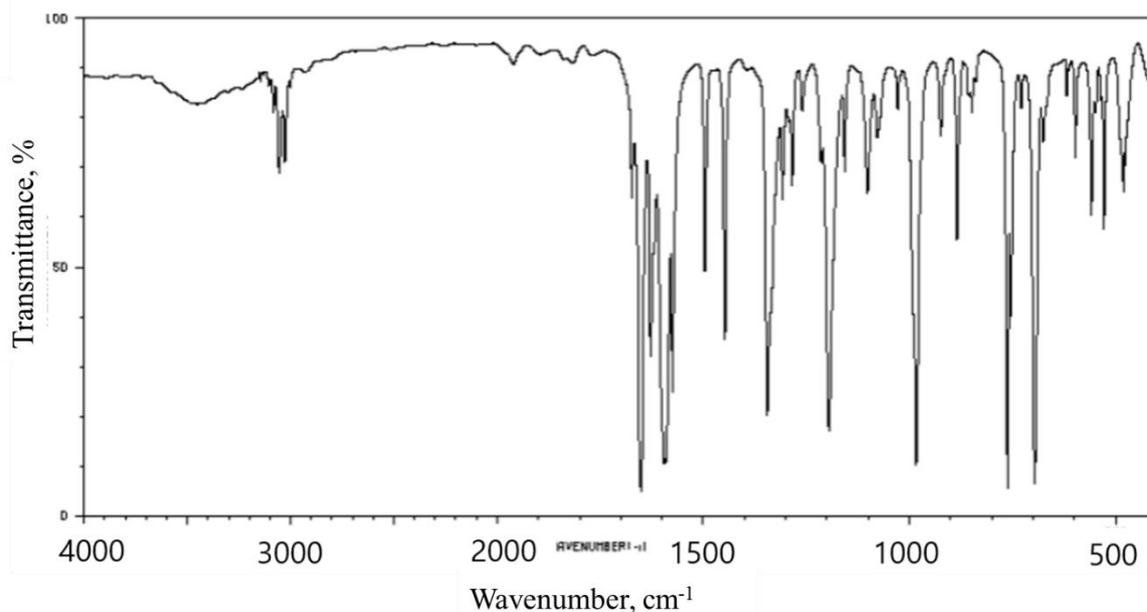
21. Draw a typical vacuum filtration setup and name each of its components.

The precipitate was washed with distilled water and recrystallized from 95% ethanol to isolate pure **A1**. The  $^1\text{H-NMR}$  and IR spectra of substance **A1** are provided below.

22. Match the protons **H1-H7** from the  $^1\text{H-NMR}$  spectrum (**Figure 3**) with the protons in the structural formula **A1**. Based on the IR spectrum (**Figure 4**) shown, write down the functional groups and multiple bonds associated with **A1** along with their corresponding wavenumber.



**Figure 3.** 400 MHz  $^1\text{H-NMR}$  spectrum of **A1**

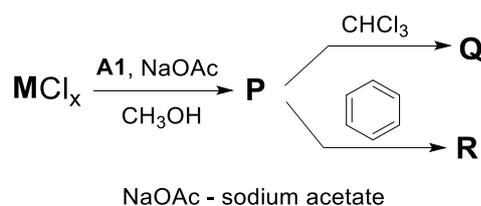


**Figure 4.** IR spectrum of **A1**

23. How many grams of **A1** should be obtained after the reaction if the average yield of the product is 84%?

24. Why is **A1** used as an ingredient in sunscreens? What other chemicals have anti-UV properties (provide 2 examples)?

**A1** is used as a ligand in the synthesis of substance **Q** which is one of the typical catalysts in cross-coupling reactions. The following scheme depicts the preparation of **Q** from **A1** and some metal chloride  $MCl_x$ :

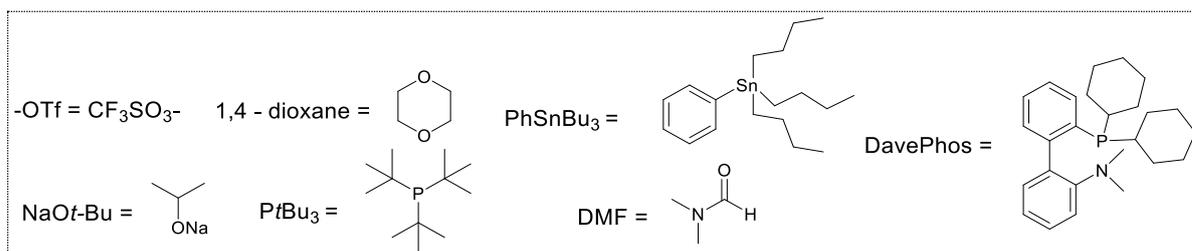


25. Determine the metal **M** and the formulas of **P**, **Q** and **R**, if it is known that the mass fraction of **A1** in them is 81.49%, 67.90% and 70.72%, respectively.

The following are the various reactions in which **Q** acts as a catalyst.

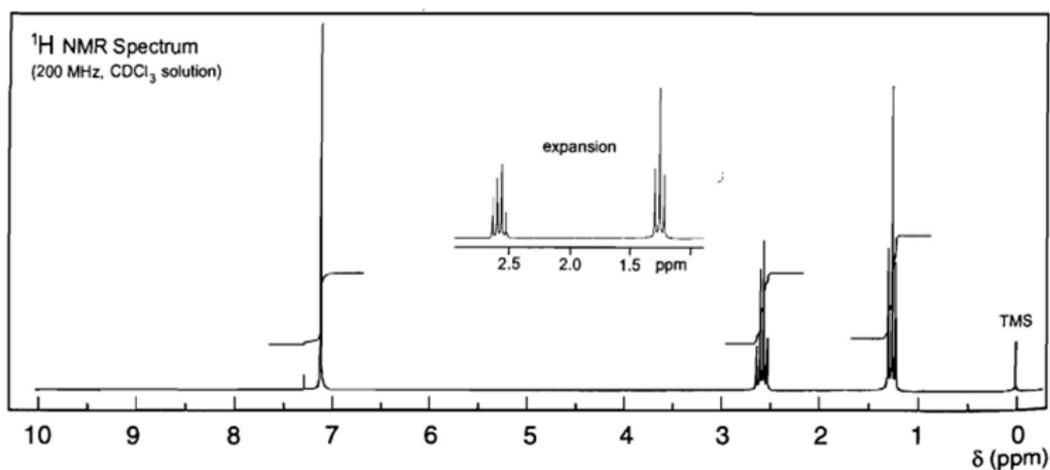
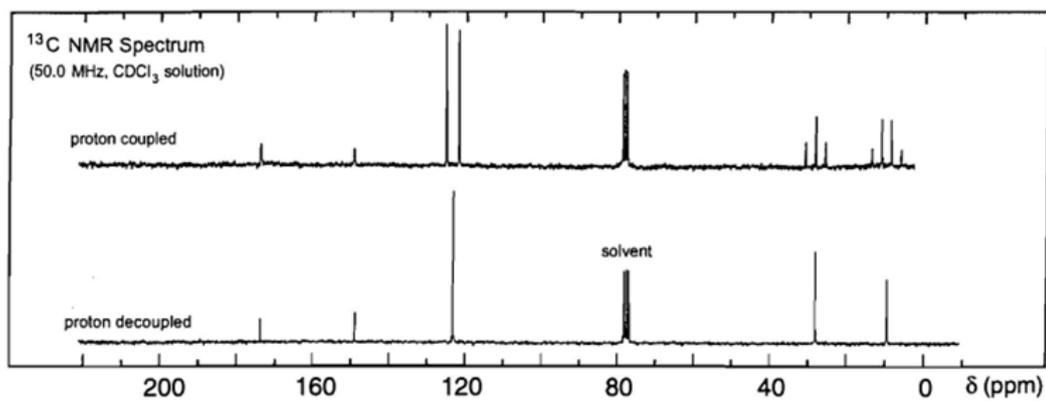
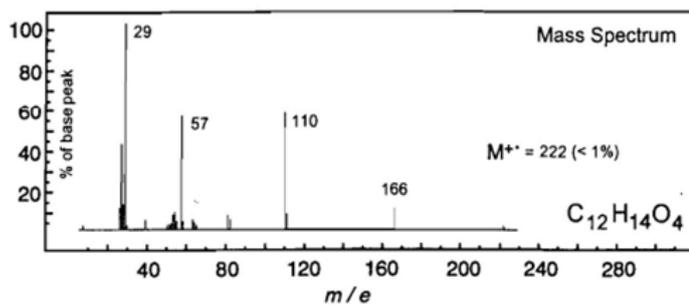
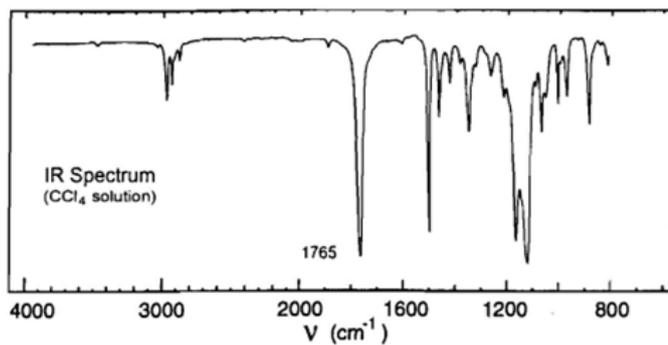
Nº	Reaction	Comments about reaction products
1.		In $^1\text{H-NMR}$ spectrum of product <b>S</b> ( $M^+ = 146$ ) there are no signals at $\delta < 4.91$ ppm

2		<b>T</b> ( $C_{21}H_{15}NO$ ) shows no remarkable reaction with nitrous acid
3		The molecular weight <b>U</b> is less than that of <b>V</b>
4		In the IR spectrum of <b>W</b> , a band is observed at $3345\text{ cm}^{-1}$ ; in the $^1\text{H-NMR}$ two vicinal protons have $J = 11.6\text{ Hz}$



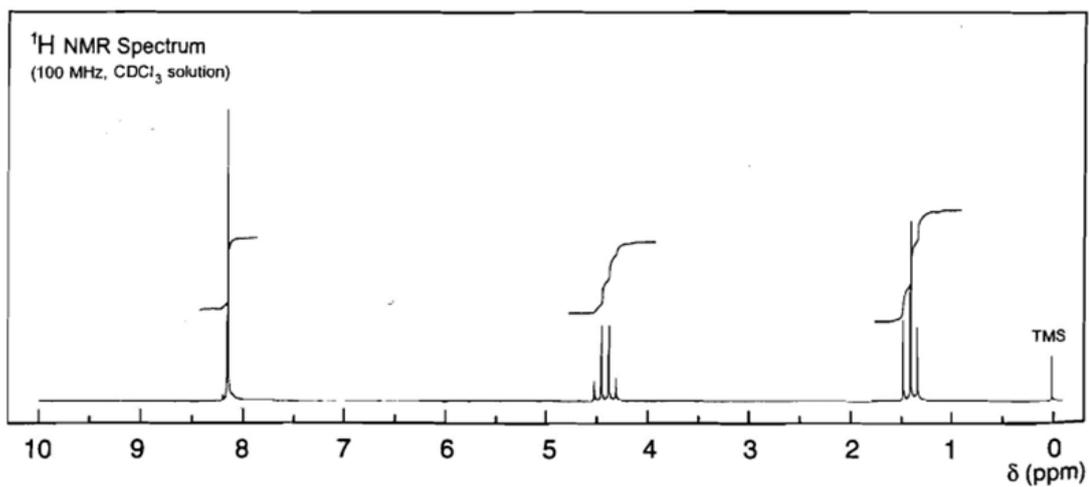
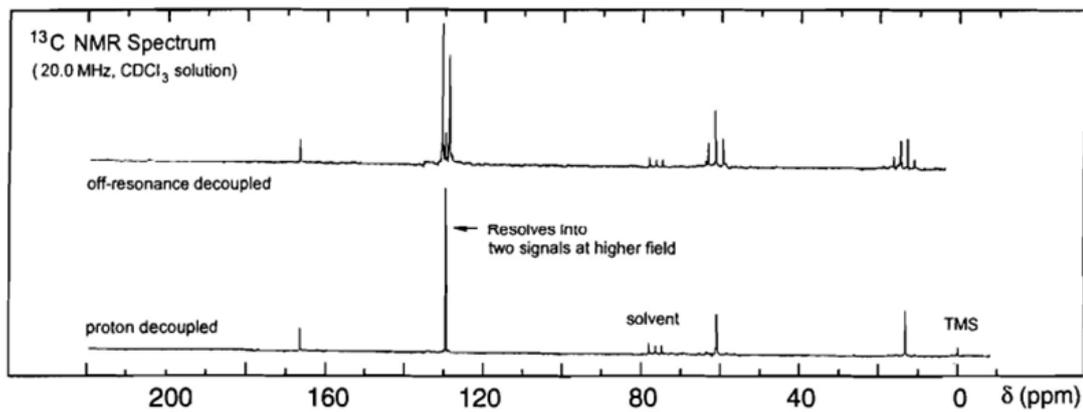
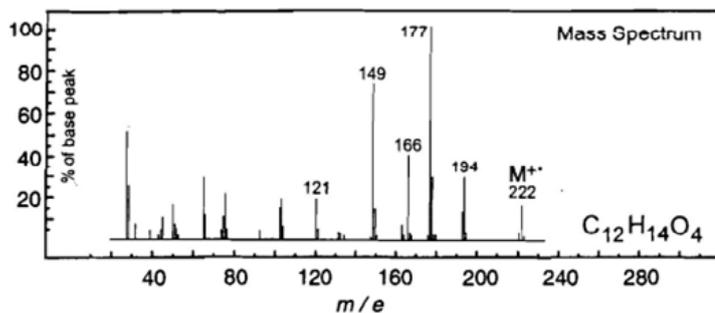
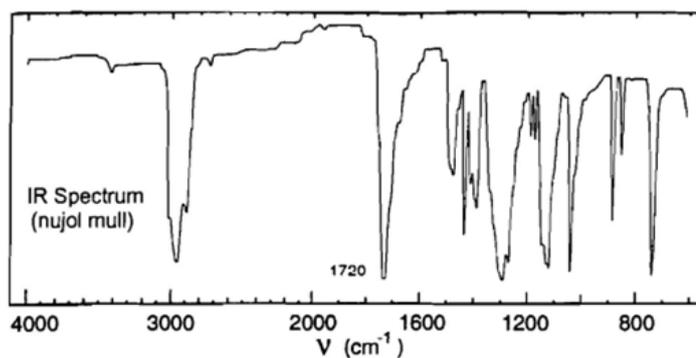
26. Write the structural formula of substances **S**, **T**, **U**, **V** and **W**.
27. Give the structural formula of substances **X1-X6** formed in each of the reactions below:
28. Give the structural formula of the isomers **Y1-Y5** ( $C_{12}H_{14}O_4$ ) based on the spectral data below.

**Y1**



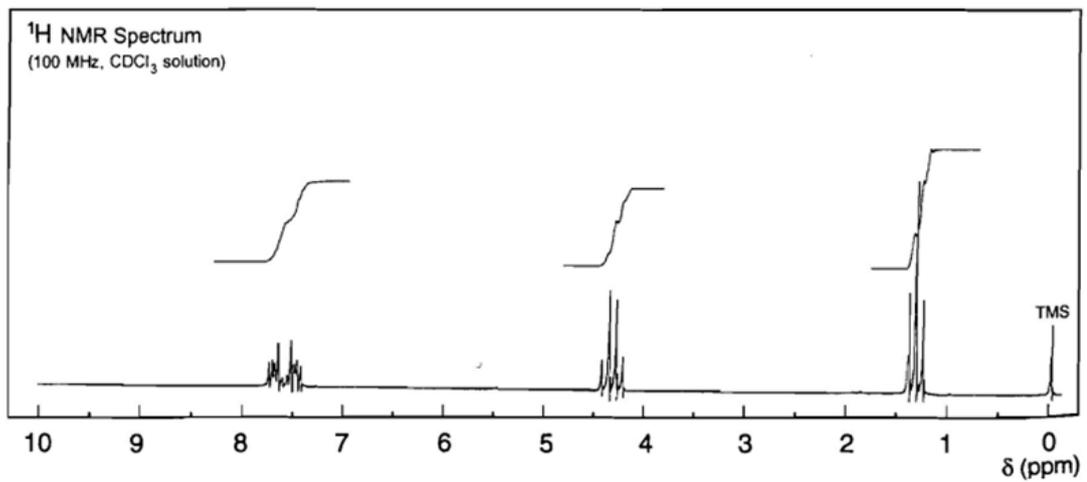
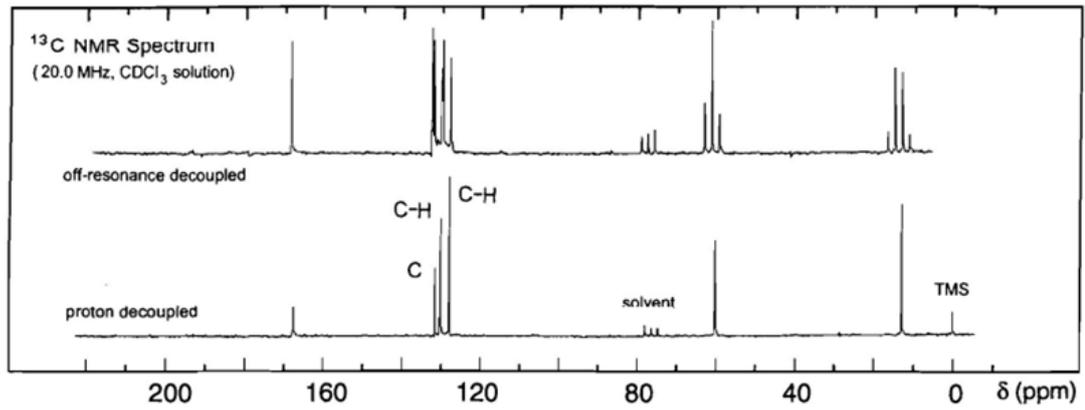
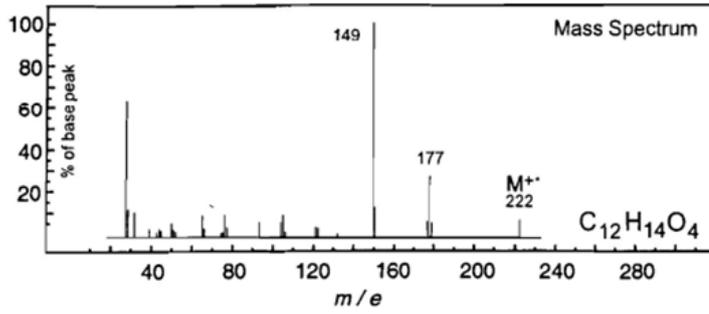
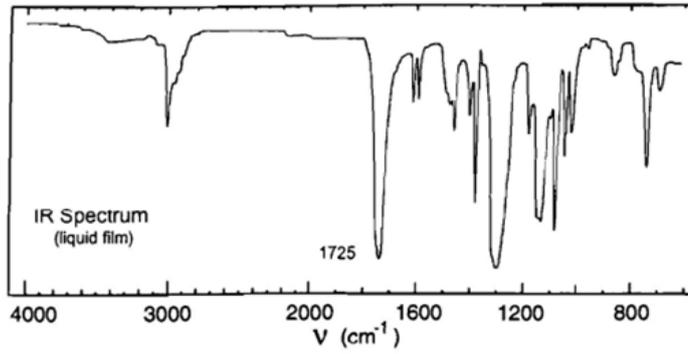
*TMS – tetramethylsilane.*

Y2



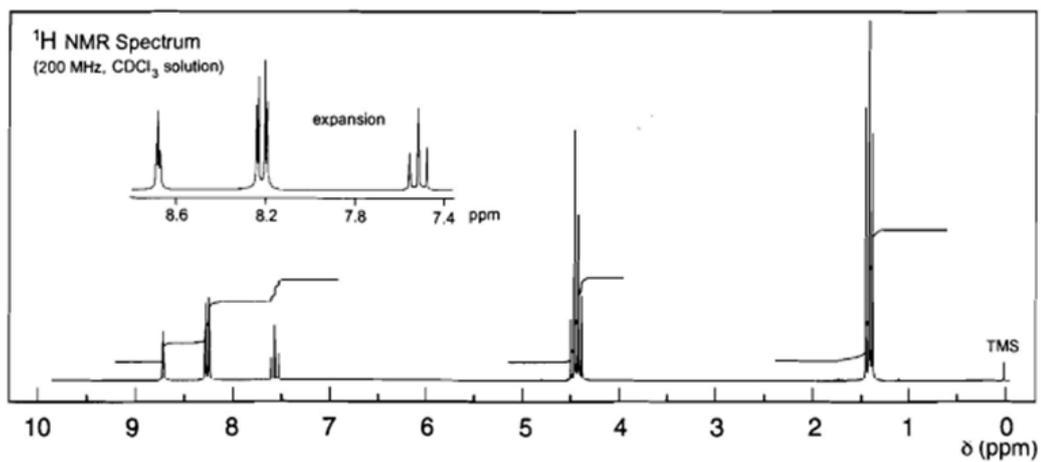
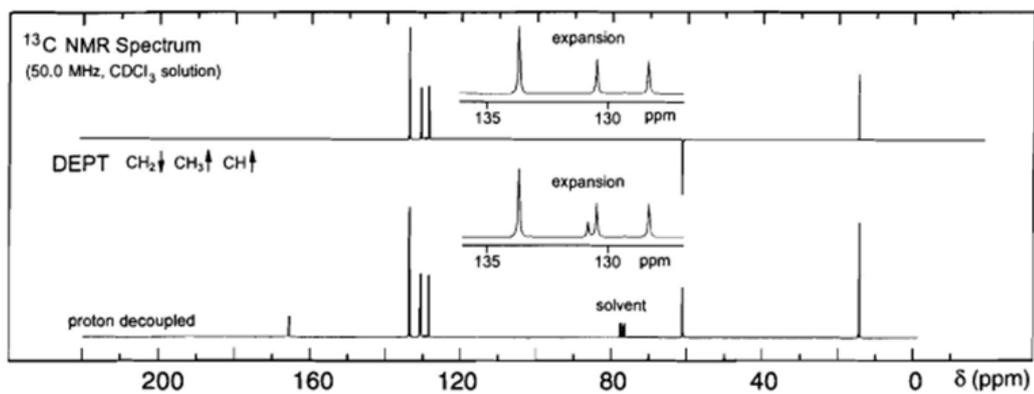
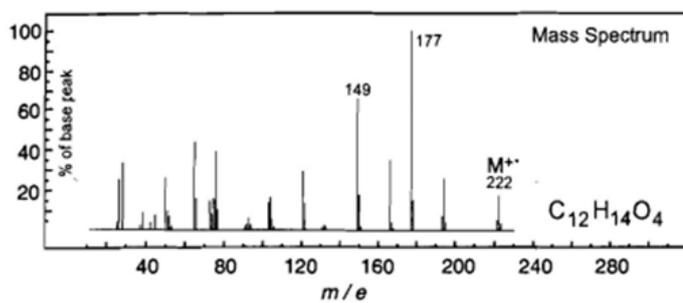
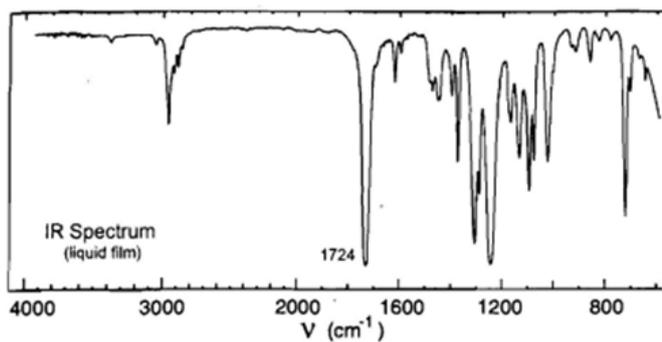
TMS – tetramethylsilane.

Y3



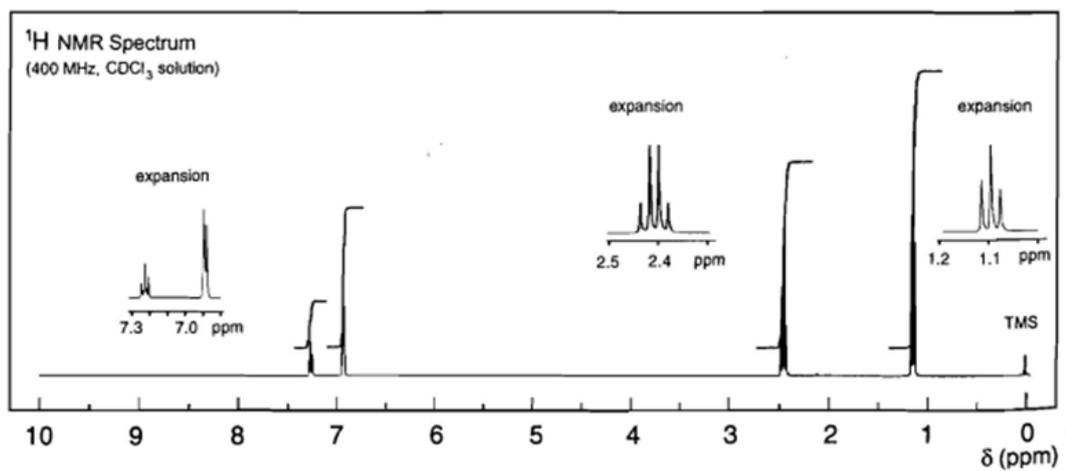
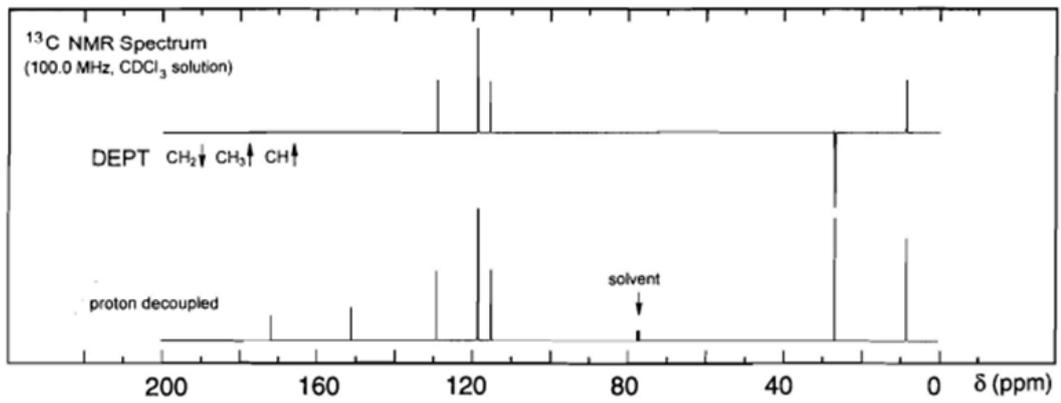
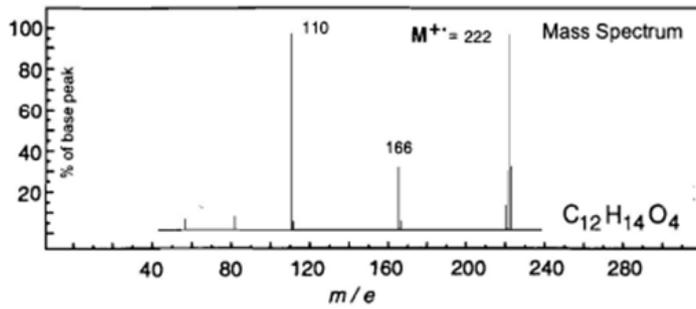
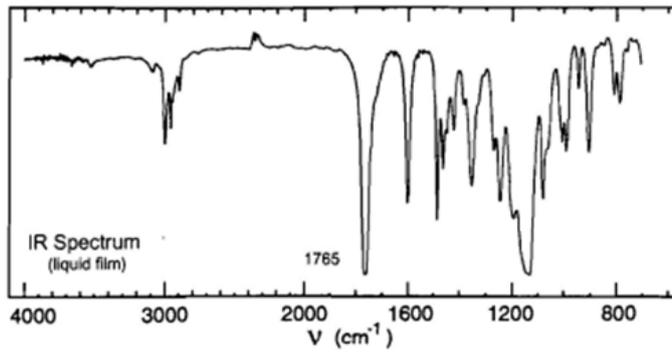
TMS – tetramethylsilane.

Y4



TMS – tetramethylsilane.

Y5



TMS – tetramethylsilane.

## JUNIOR LEAGUE. SOLUTIONS

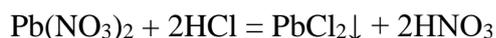
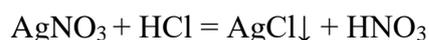
### Problem 1

1.

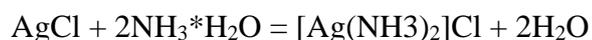
Table. Progress of metal separation

№	The object under study	Reagent	Observations	Composition of phases after separation	
				Precipitate	Solution
1	<u>Solution 1</u>	HCl	White precipitate	<u>Precipitate 1:</u> AgCl, PbCl <sub>2</sub>	<u>Solution 2:</u> Cu <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> , Sn <sup>+2</sup> , Mg <sup>+2</sup> , Ba <sup>+2</sup>
2	<u>Precipitate 1</u>	NH <sub>3</sub> *H <sub>2</sub> O	Dissolution of a part of the precipitation	PbCl <sub>2</sub>	[Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>+</sup>
3	<u>Solution 2</u>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	White precipitate	BaSO <sub>4</sub>	<u>Solution 3:</u> Cu <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> , Sn <sup>+2</sup> , Mg <sup>+2</sup>
4	<u>Solution 3</u>	excess NaOH	Precipitation	<u>Precipitate 2:</u> Cu(OH) <sub>2</sub> , Fe(OH) <sub>3</sub> , Mg(OH) <sub>2</sub>	<u>Solution 4:</u> [Sn(OH) <sub>4</sub> ] <sup>-2</sup> , [Zn(OH) <sub>4</sub> ] <sup>-2</sup>
5	<u>Solution 4</u>	1) HCl 2) excess NH <sub>3</sub> *H <sub>2</sub> O	Precipitate	Sn(OH) <sub>2</sub>	[Zn(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]Cl <sub>2</sub>
6	<u>Precipitate 2</u>	excess NH <sub>3</sub> *H <sub>2</sub> O	Dissolution of a part of the precipitation	<u>Precipitate 3:</u> Fe(OH) <sub>3</sub> , Mg(OH) <sub>2</sub>	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ](OH) <sub>2</sub>
7	<u>Precipitate 3</u>	NH <sub>4</sub> Cl	Dissolution of a part of the precipitation	Fe(OH) <sub>3</sub>	Mg <sup>+2</sup>

1)



2)

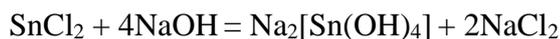
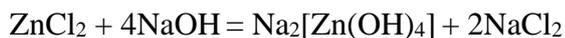
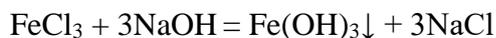
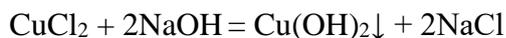


3)

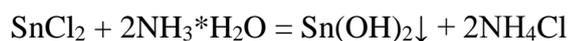
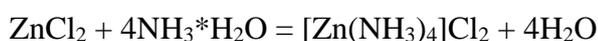
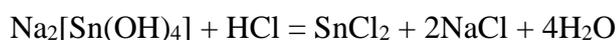
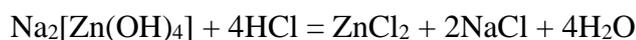


In such cases, it will not be a mistake to write the reaction equation with any anion contained in the solution.

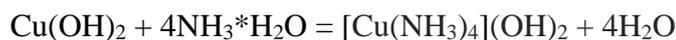
4)



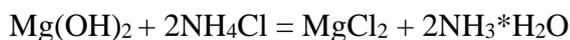
5)



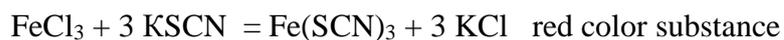
6)



7)



2.

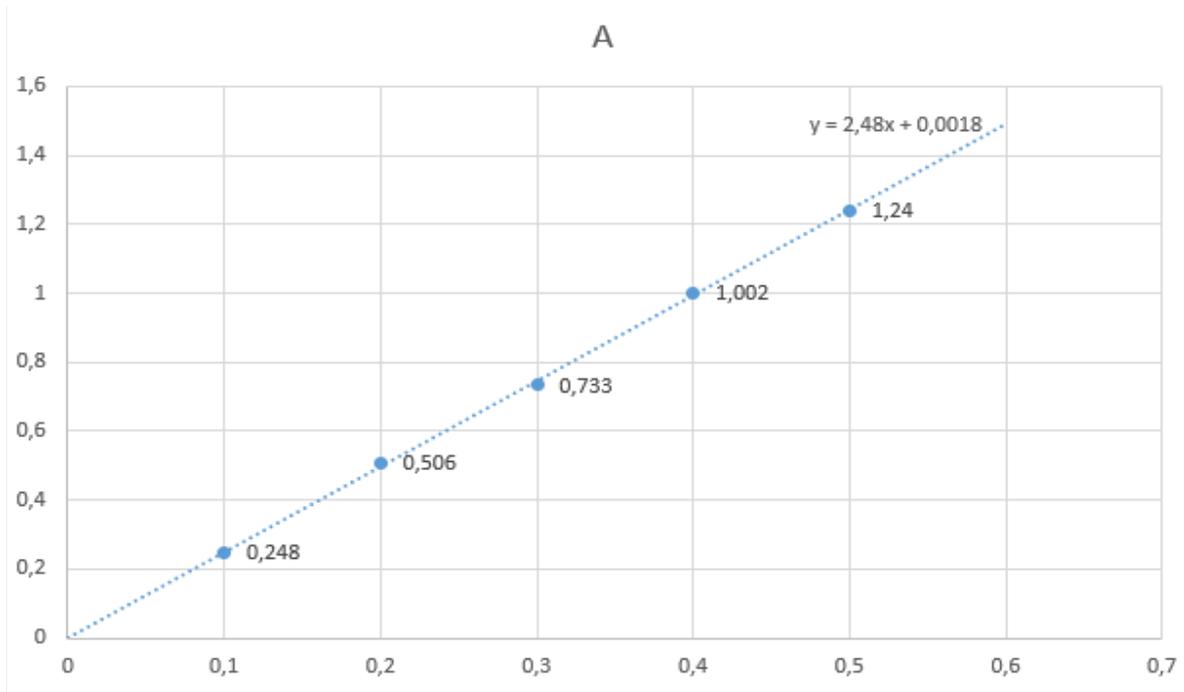


*Evaluation system:*

<b>№ question</b>	<b>Solution elements</b>	<b>Grade</b>
<b>1.</b>	Separation of cations For each cation 2 points If there are no confirmatory reaction equations, no points are given. For each error in the reaction equations and stoichiometric coefficients, 0.5 points are withdrawn.	<b>16</b>
<b>2</b>	Writing the reaction equation and the color of the substance The reaction equations and the color of the substance are estimated at 0.5 points each	<b>4</b>
	<b>TOTAL:</b>	<b>20</b>

## Problem 2

1.

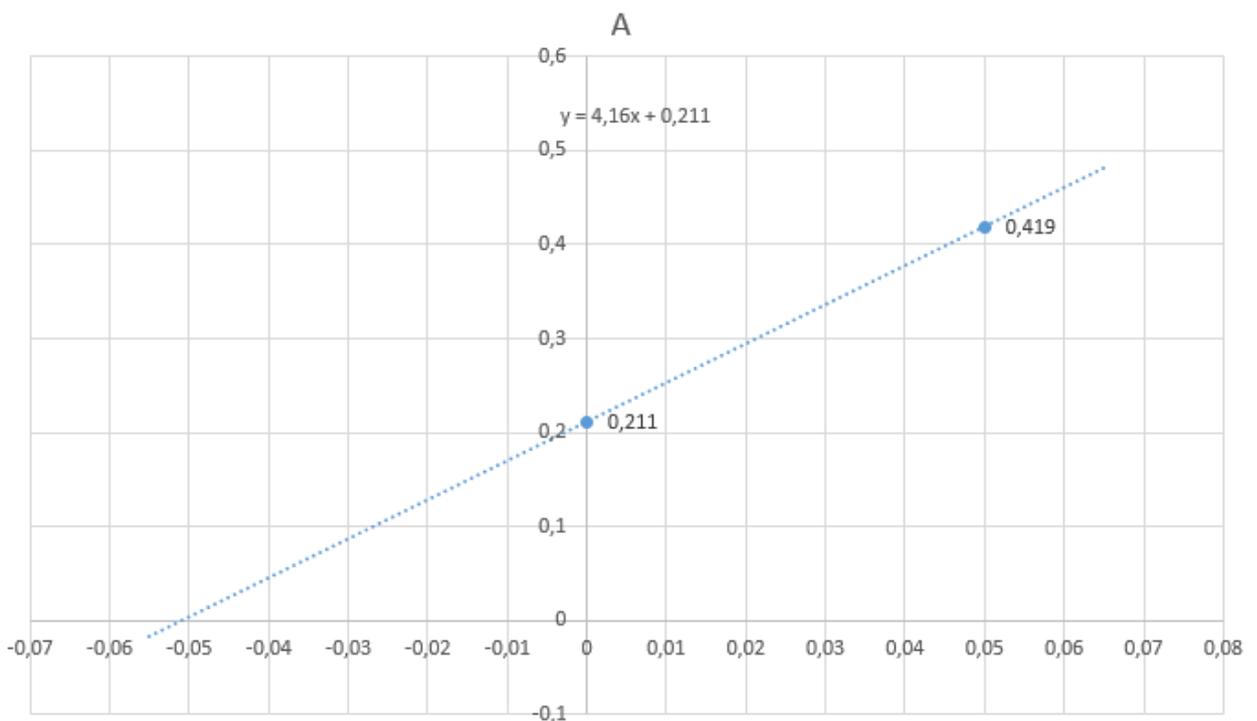


According to the graph, it can be seen that the concentration of chromium in the solution was 0.245 g/l.

To plot the determination of nickel concentration, it is necessary to calculate the concentration of added nickel.

$$C_{st} = m_{Ni}/V_{flask} = 0,0025/0,05 = 0,05 \text{ g/l}$$

We build a graph with two points. And we draw a line along them, and continue it down until it crosses the abscissa line (horizontal line).



According to the graph, it can be seen that the nickel concentration in the solution was 0.0507 g/l.

2. We calculate the mass fraction of chromium in steel:

The mass of chromium in a sample weighing 0.1 g was equal to  $m = C * V = 0.245 * 0.1 = 0.0245$  g

The mass of chromium in a steel sample is equal to  $m_{Cr} = 0.0245 * 13.8 / 0.1 = 3.381$  g

The mass fraction of chromium in a steel sample is equal to  $\omega_{Cr} = 100\% * m_{Cr} / m_{sample} = 24.5\%$

We calculate the mass fraction of nickel in steel:

The mass of nickel in a sample weighing 0.25 g was equal to  $m = 0.0507 * 0.05 / 0.02 * 0.05 = 0.00634$  g

The mass of nickel in a steel sample is equal to  $m_{Ni} = 0.00634 * 13.8 / 0.25 = 0.350$  g

The mass fraction of nickel in a steel sample is equal to  $\omega_{Ni} = 100\% * m_{Ni} / m_{sample} = 2.54\%$

3.

$$I = A / (C * \epsilon)$$

$$A = 0,384 ; C = 1,2 * 10^{-5} ; \epsilon = 1,6 * 10^4$$

$$l = 2 \text{ cm}$$

4. Carbon – is found in steel usually in the form of a  $Fe_3C$  chemical compound called cementite. With an increase in the carbon content to 1.2%, the hardness, strength and elasticity of the steel increase, but the ductility and impact resistance decrease, and the machinability deteriorates, and the weldability also deteriorates.

Chromium is the cheapest and most common element. It increases hardness and strength, slightly reducing ductility, increases corrosion resistance; the content of large amounts of chromium makes the steel stainless and ensures the stability of magnetic forces.

Nickel - gives steel corrosion resistance, high strength and ductility, increases hardenability, affects the change in the coefficient of thermal expansion. Nickel is an expensive metal, they are trying to replace it with a cheaper one.

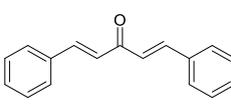
*Evaluation system:*

<b>№ question</b>	<b>Solution elements</b>	<b>Grade</b>
<b>1.</b>	Determination of the concentration of chromium and nickel in the analyzed solutions according to the schedule For each metal: Error <3% - 8 points Error <5% - 7 points Error <7% - 6 points Error <10% - 5 points Error <20% - 4 points Error <50% - 2 points Error >50% - 0 points	<b>16</b>
<b>2</b>	Determination of the mass fraction in a steel sample (correctness is evaluated taking into account the value obtained in the 1st paragraph) Chrome - 4 points Nickel - 4 points	<b>8</b>
<b>3</b>	Determination of cuvette length	<b>2</b>
<b>4</b>	Explanation of adding carbon, chromium, nickel to steel. Evaluate by the relative completeness of the answer	<b>4</b>
	<b>TOTAL:</b>	<b>30</b>

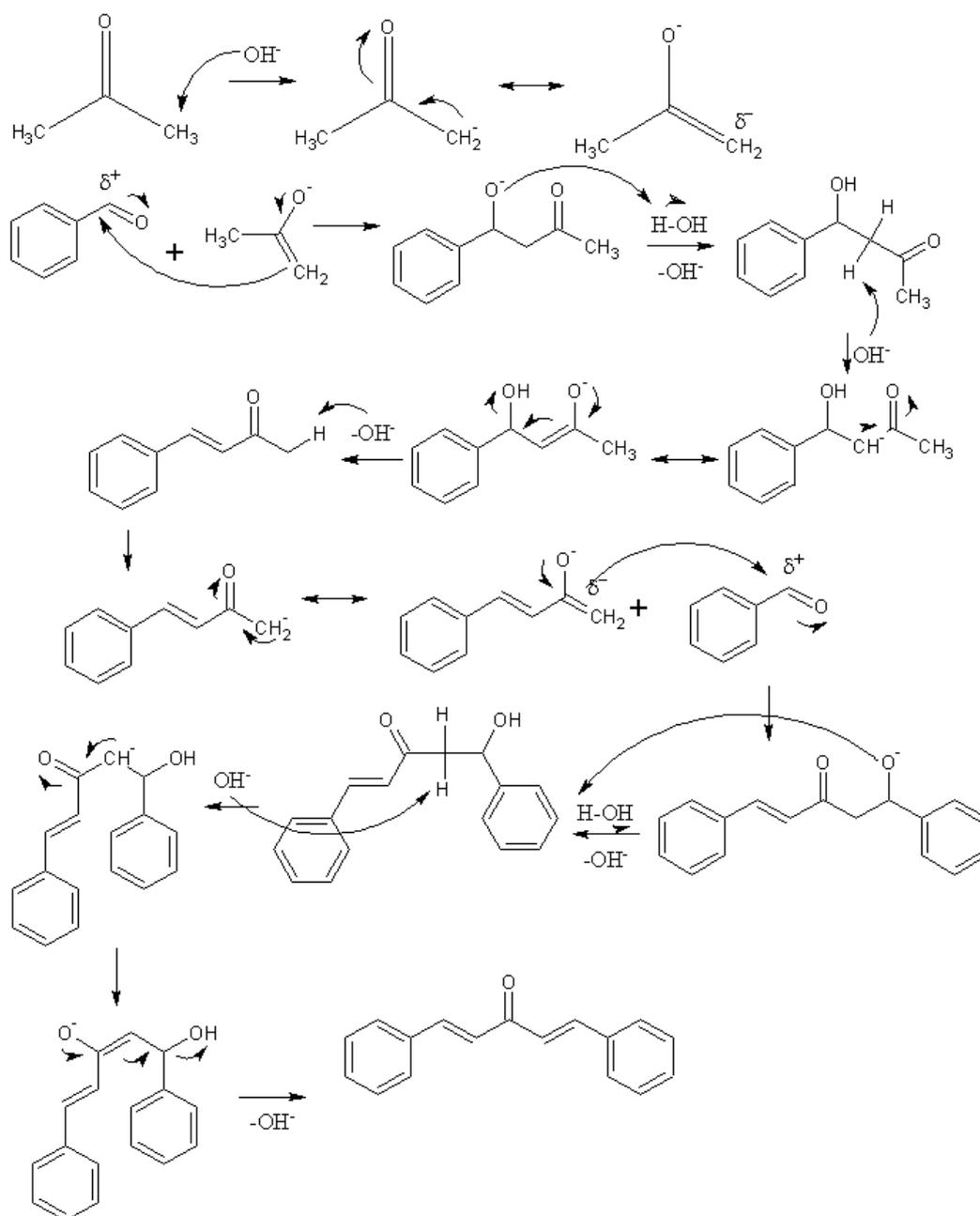
## SENIOR LEAGUE. SOLUTIONS

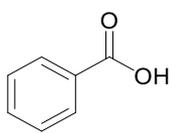
### Problem 1

1. The chlorofluorocarbons (CFCs, freons)  $C_xCl_yF_z$  such as  $CFCl_3$ ,  $CF_2Cl_2$ , etc.

2. Compound **A1**:  **E, E** - dibenzalacetone

### *Reaction mechanism:*



3. Compound **B**:  benzoic acid

- Vacuum distillation of benzaldehyde
- Extraction of benzaldehyde with sodium carbonate solution

4.

- 1- Hot plate with magnetic stirrer
- 2- Magnetic stirring bar
- 3- Thermometer
- 4- Condenser
- 5- Dropping funnel

5.

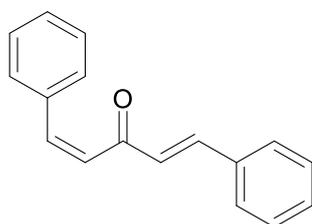
Reagent	Molecular weight, g/mol	Amount of substance, mol	b.p. (°C)	Density g/cm <sup>3</sup>	Mass, g	Volume, ml
Benzaldehyde	106.12	0.020	178	1.04	2.08	2.00
Acetone	58.08	0.010	56	0.79	0.58	0.73
NaOH 10 % (w/w) catalytic solution	40.00	0.0055	-	1.11	2.22 (10%) 0.22 NaOH	2.00

6.

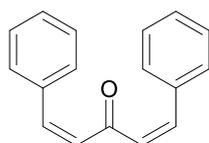
$R_f$  (**A1**) = 0.55 or 55%

$R_f$  (**A2**) = 0.48 or 48%

$R_f$  (**A3**) = 0.41 or 41%

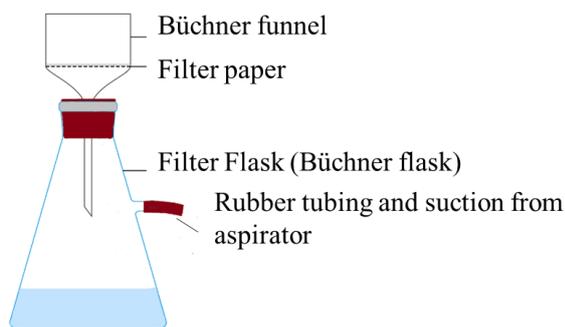


*cis-trans* isomer **A2**

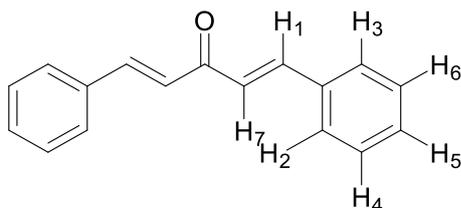


*cis-cis* isomer **A3**

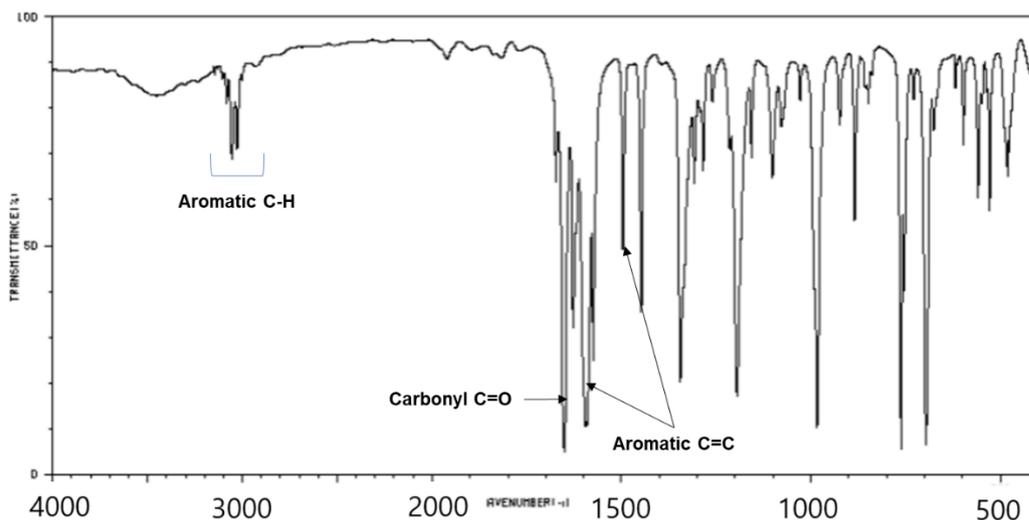
7.



8.



If the positions of **H<sub>2</sub>** and **H<sub>3</sub>** are mixed up, give the full score. The same goes for **H<sub>4</sub>**, **H<sub>5</sub>**, and **H<sub>6</sub>**.



9. 1.97 g

10. The presence of conjugated double bonds determines the high antioxidant activity of dibenzylideneacetone. The rich collection of  $\pi$  electrons serve to absorb and diminish the energy of incoming UV rays, thus protecting the skin from direct exposure. Other examples of compounds with anti-UV properties are  $\text{ZnO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ , avobenzone, benzophenones, meradimat, etc.

11.

**M** – Pd Palladium

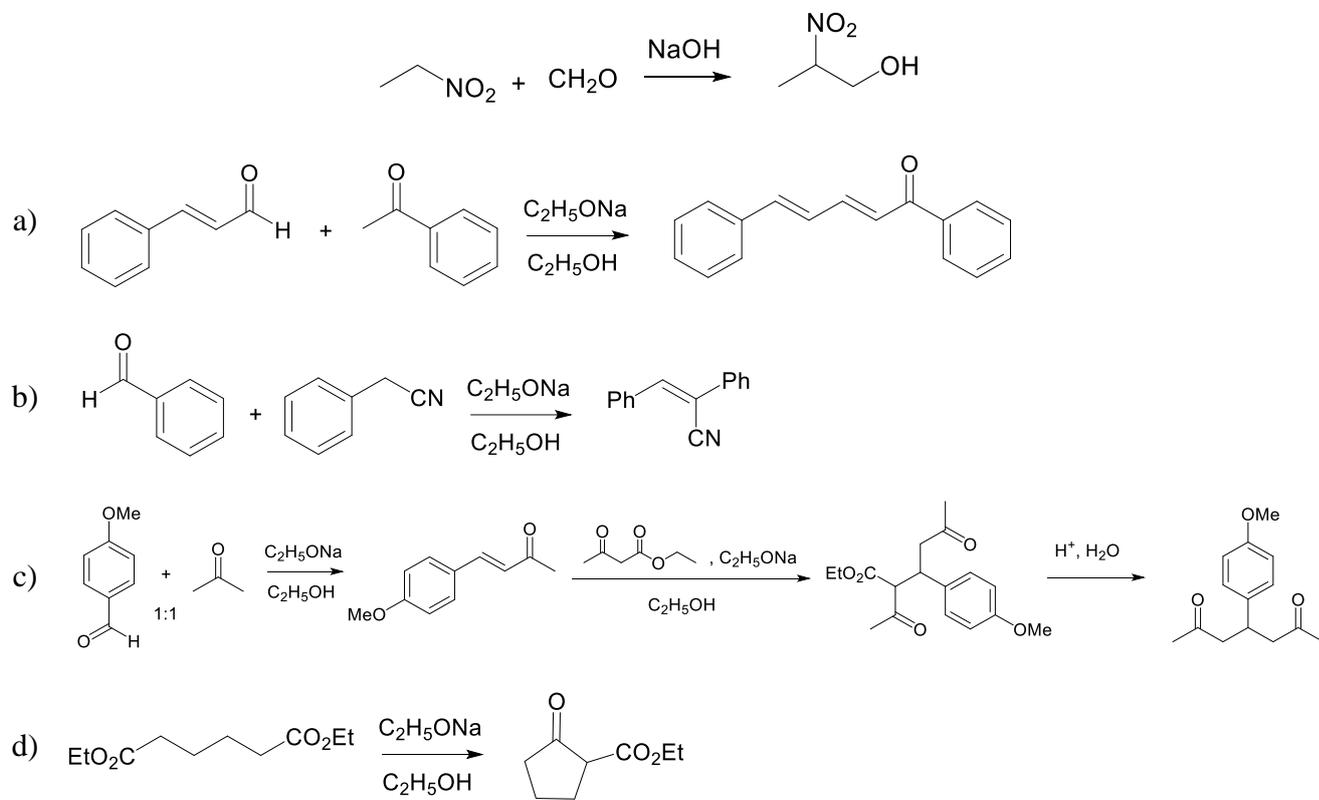
**P** –  $\text{Pd}(\text{dba})_2$  – dba (dibenzylideneacetone)

**Q** –  $\text{Pd}_2(\text{dba})_3(\text{CHCl}_3)$  (M = 1035.10)

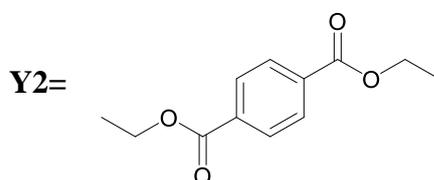
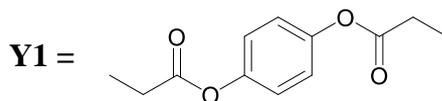
**R** –  $\text{Pd}_2(\text{dba})_3(\text{C}_6\text{H}_6)$  (M = 993.84)

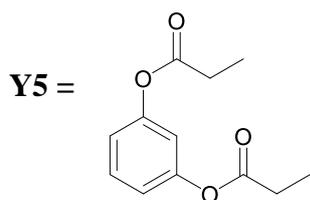
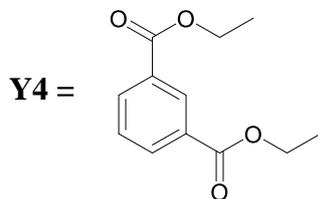
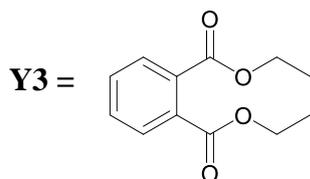
Compound S	Compound T	Compound U
Compound V	Compound W	

12.



13.





*Evaluation system:*

<b>Nº question</b>	<b>Evaluation system</b>	<b>Grade</b>
<b>1</b>	The correct naming of compounds or formulas	<b>1</b>
<b>2</b>	For structural formula <b>A1</b> The correct mechanism of reaction	<b>2</b> <b>3</b>
<b>3</b>	For structural formula <b>B</b> For reasonable purification method	<b>1</b> <b>1</b>
<b>4</b>	Parts of the experimental device are correctly indicated	<b>2.5</b>
<b>5</b>	For completed table	<b>1</b>
<b>6</b>	The correct calculation of $R_f$ value For structural formulas <b>A2</b> and <b>A3</b>	<b>1.5</b> <b>1</b>
<b>7</b>	Parts of the experimental device are correctly indicated	<b>2</b>
<b>8</b>	Structural formula with correctly specified protons The correct correlation of functional groups with bands in the IR spectrum	<b>1</b> <b>1</b>
<b>9</b>	The correct calculation of yield	<b>1</b>
<b>10</b>	The correct reason for using <b>A1</b> For 2 examples of analogues of <b>A1</b>	<b>1</b> <b>1</b>
<b>11</b>	The correct determination of metal <b>M</b> For formulas of <b>P, Q, R</b>	<b>2</b> <b>6</b>
<b>12</b>	For formulas of compounds <b>S, T, U, V, W</b>	<b>10</b>
<b>13</b>	For formulas of compounds <b>X1-X6</b>	<b>6</b>
<b>14</b>	For formulas of compounds <b>Y1-Y5</b>	<b>5</b>
	<b>TOTAL:</b>	<b>50</b>