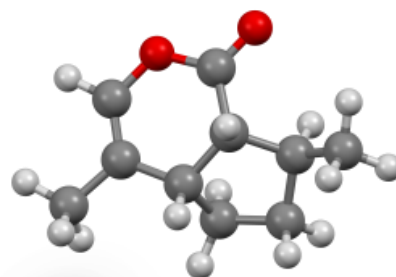


# Једанаеста Српска хемијска олимпијада

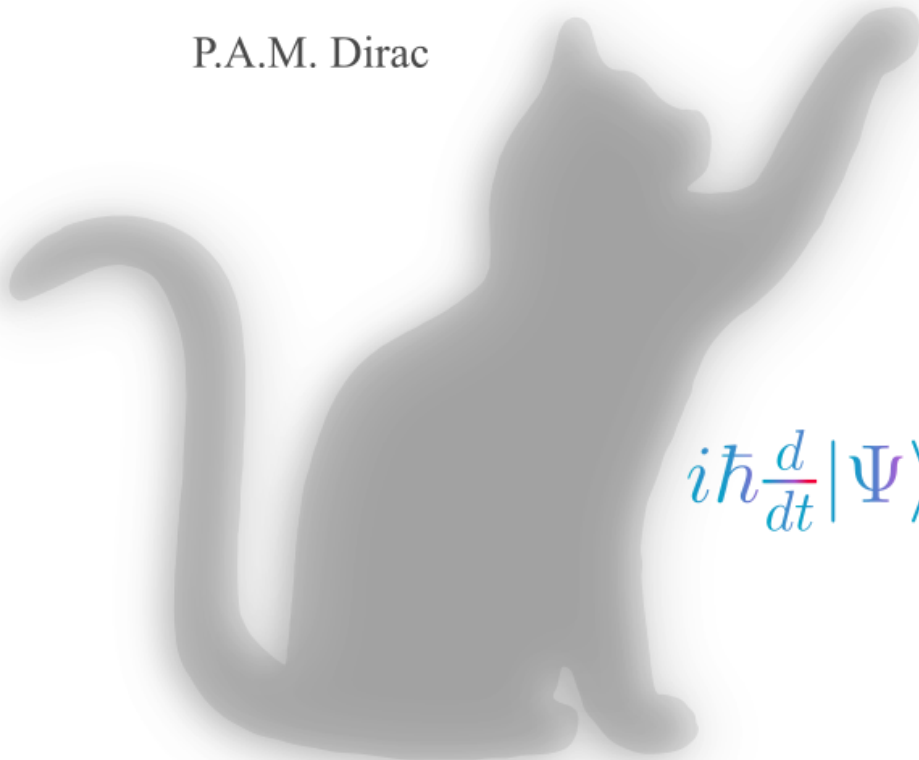


**NIS**  
GAZPROM NEFT

*Quantum mechanics  
has explained all of chemistry  
and most of physics.*



P.A.M. Dirac



$$i\hbar \frac{d}{dt} |\Psi\rangle = \hat{H} |\Psi\rangle$$

Београд, 29–31. мај 2026.

1																	18	
1	1 1,00794 <b>H</b> 0,28															2 4,00260 <b>He</b> 1,40		
2	3 6,941 <b>Li</b>	4 9,01218 <b>Be</b>											5 10,811 <b>B</b> 0,89	6 12,011 <b>C</b> 0,77	7 14,0067 <b>N</b> 0,70	8 15,9994 <b>O</b> 0,66	9 18,9984 <b>F</b> 0,64	10 20,1797 <b>Ne</b> 1,50
3	11 22,9898 <b>Na</b>	12 24,3050 <b>Mg</b>											13 26,9815 <b>Al</b>	14 28,0855 <b>Si</b> 1,17	15 30,9738 <b>P</b> 1,10	16 32,066 <b>S</b> 1,04	17 35,4527 <b>Cl</b> 0,99	18 39,948 <b>Ar</b> 1,80
4	19 39,0983 <b>K</b>	20 40,078 <b>Ca</b>	21 44,9559 <b>Sc</b>	22 47,867 <b>Ti</b> 1,46	23 50,9415 <b>V</b> 1,33	24 51,9961 <b>Cr</b> 1,25	25 54,9381 <b>Mn</b> 1,37	26 55,845 <b>Fe</b> 1,24	27 58,9332 <b>Co</b> 1,25	28 58,6934 <b>Ni</b> 1,24	29 63,546 <b>Cu</b> 1,28	30 65,39 <b>Zn</b> 1,33	31 69,723 <b>Ga</b> 1,35	32 72,61 <b>Ge</b> 1,22	33 74,9216 <b>As</b> 1,20	34 78,96 <b>Se</b> 1,18	35 79,904 <b>Br</b> 1,14	36 83,80 <b>Kr</b> 1,90
5	37 85,4678 <b>Rb</b>	38 87,62 <b>Sr</b>	39 88,9059 <b>Y</b>	40 91,224 <b>Zr</b> 1,60	41 92,9064 <b>Nb</b> 1,43	42 95,94 <b>Mo</b> 1,37	43 (97,905) <b>Tc</b> 1,36	44 101,07 <b>Ru</b> 1,34	45 102,906 <b>Rh</b> 1,34	46 106,42 <b>Pd</b> 1,37	47 107,868 <b>Ag</b> 1,44	48 112,41 <b>Cd</b> 1,49	49 114,818 <b>In</b> 1,67	50 118,710 <b>Sn</b> 1,40	51 121,760 <b>Sb</b> 1,45	52 127,60 <b>Te</b> 1,37	53 126,904 <b>I</b> 1,33	54 131,29 <b>Xe</b> 2,10
6	55 132,905 <b>Cs</b>	56 137,327 <b>Ba</b>	57-71 <b>La-Lu</b>	72 178,49 <b>Hf</b> 1,59	73 180,948 <b>Ta</b> 1,43	74 183,84 <b>W</b> 1,37	75 186,207 <b>Re</b> 1,37	76 190,23 <b>Os</b> 1,35	77 192,217 <b>Ir</b> 1,36	78 195,08 <b>Pt</b> 1,38	79 196,967 <b>Au</b> 1,44	80 200,59 <b>Hg</b> 1,50	81 204,383 <b>Tl</b> 1,70	82 207,2 <b>Pb</b> 1,76	83 208,980 <b>Bi</b> 1,55	84 (208,98) <b>Po</b> 1,67	85 (209,99) <b>At</b>	86 (222,02) <b>Rn</b> 2,20
7	87 (223,02) <b>Fr</b>	88 (226,03) <b>Ra</b> 2,25	89-103 <b>Ac-Lr</b>	104 (261,11) <b>Rf</b>	105 (262,11) <b>Db</b>	106 (263,12) <b>Sg</b>	107 (262,12) <b>Bh</b>	108 (265) <b>Hs</b>	109 (266) <b>Mt</b>	110 (271) <b>Ds</b>	111 (272) <b>Rg</b>	112 (285) <b>Cn</b>	113 (284) <b>Nh</b>	114 (289) <b>Fl</b>	115 (288) <b>Mc</b>	116 (292) <b>Lv</b>	117 (294) <b>Ts</b>	118 (294) <b>Og</b>

Атомски број →

1 1,00794 <b>H</b> 0,28
----------------------------------

← Атомска маса

← Символ елемента

← Ковалентни полупречник, Å

57 138,906 <b>La</b> 1,87	58 140,115 <b>Ce</b> 1,83	59 140,908 <b>Pr</b> 1,82	60 144,24 <b>Nd</b> 1,81	61 (144,91) <b>Pm</b> 1,83	62 150,36 <b>Sm</b> 1,80	63 151,965 <b>Eu</b> 2,04	64 157,25 <b>Gd</b> 1,79	65 158,925 <b>Tb</b> 1,76	66 162,50 <b>Dy</b> 1,75	67 164,930 <b>Ho</b> 1,74	68 167,26 <b>Er</b> 1,73	69 168,934 <b>Tm</b> 1,72	70 173,04 <b>Yb</b> 1,94	71 174,04 <b>Lu</b> 1,72
89 (227,03) <b>Ac</b> 1,88	90 232,038 <b>Th</b> 1,80	91 231,036 <b>Pa</b> 1,56	92 238,029 <b>U</b> 1,38	93 (237,05) <b>Np</b> 1,55	94 (244,06) <b>Pu</b> 1,59	95 (243,06) <b>Am</b> 1,73	96 (247,07) <b>Cm</b> 1,74	97 (247,07) <b>Bk</b> 1,72	98 (251,08) <b>Cf</b> 1,99	99 (252,08) <b>Es</b> 2,03	100 (257,10) <b>Fm</b>	101 (258,10) <b>Md</b>	102 (259,1) <b>No</b>	103 (260,1) <b>Lr</b>

## ЗАДАТАК 1 – Синтеза ацетилацетонатног комплекса мангана(III)

принос	чистоћа	а	б	в	г	д	ђ	е	укупно
									13,5%
20	20	2	5	8	5	5	1	4	70

Ацетилацетонат је један од најчешће коришћених органских лиганата у координационој хемији. Он настаје депротонавањем 2,4-пентандиона, након чега се оба атома кисеоника могу координовати за прелазни метал. Овом приликом настаје шесточлани прстен, што даје додатну стабилност насталим комплексима. У овом задатку ћете синтетисати ацетилацетонатни комплекс мангана(III), који настаје у редокс-реакцији између манган(II)-јона и перманганата у присуству натријум-ацетата. Добијени комплекс има октаедарску геометрију и осим ацетилацетоната не садржи друге лиганде.

За ову синтезу користите три чврсте хемикалије, које се налазе на Вашем радном месту у четири обележене бочице:

- бочица која садржи 2,50 g манган(II)-хлорида тетрахидрата;
- две бочице које садрже по 6,50 g натријум-ацетата трихидрата;
- бочица која садржи 0,50 g калијум-перманганата.

2,4-пентандион (познатији као ацетилацетон) је течна хемикалија, која се налази у боци на столу са заједничким хемикалијама. Користећи ове хемикалије и прибор на Вашем радном месту, као и прибор на столу са заједничким хемикалијама, извршите синтезу комплекса пратећи следеће кораке:

- У чашу од 400 ml ставите магнет за мешање, а потом растворите манган(II)-хлорид тетрахидрат (2,50 g из одговарајуће бочице) и натријум-ацетат трихидрат (6,50 g из једне бочице) у 100 ml воде, уз константно мешање.
- Мензуром од 25 ml одмерите 10,5 ml ацетилацетона и додајте у раствор, уз константно мешање. Добићете двофазни систем.
- У чаши од 100 ml направите раствор калијум-перманганата (0,50 g из одговарајуће бочице) у 25 ml воде. Додајте овај раствор у двофазни систем.
- Укључите грејање на магнетној мешалици и подесите да температура буде 60 °C.
- У чаши од 100 ml направите раствор натријум-ацетата трихидрата (6,50 g из друге бочице) у 25 ml воде и након 5 минута додајте га у двофазни систем у малим порцијама, уз константно мешање.
- Када температура достигне 60 °C, добијени раствор загревајте још 10 минута (уз мешање).
- Након што прекинете загревање, ставите одговарајућу количину леда у металну посуду, додајте мало воде, те у посуду уроните чашу са реакционом смешом како би се охладила. Овом приликом доћи ће до таложења производа реакције коју сте извели. Оставите да се смеша хлади на леду око 15 минута.
- Извадите охлађену смешу из леденог купатила и процедите добијену суспензију користећи Бихнеров левак и гуч-боцу од 500 ml.

- Добијени талог исперите водом, а потом и малом количином ацетона (налази се у боци на столу са заједничким хемикалијама). Оставите још 10 минута да се талог додатно осуши на вакууму.
- Након сушења, пренесите филтер-папир са синтетисаним комплексом на сахатно стакло и предајте неком од сарадника у лабораторији.

Комисија ће практични део овог задатка бодовати на основу приноса и чистоће Вашег производа. Остале поене у овом задатку можете добити ако одговорите тачно на наредна питања.

а) Прикажите кето-енолну таутомерију ацетилацетона.

б) Представите механизам настајања ацетилацетонатног лиганда из 2,4-пентандиона. Прикажите све резонантне структуре ацетилацетоната.

в) Напишите молекулски облик укупне једначине хемијске реакције настајања комплекса у овој синтези.

г) Нацртајте структуру комплексног једињења које сте синтетисали. Немојте користити никакве скраћенице за приказивање структуре лиганда.

д) Израчунајте теоријски принос ове синтезе. Теоријски принос представља максималну масу производа која може настати у хемијској реакцији, израчунату на основу стехиометрије. Претпоставља се да је реакција потпуна, да се реактанти потпуно утросе и да нема губитака током издвајања производа.

ђ) Израчунајте масу комплекса коју је потребно одмерити да би се припремило 100 ml раствора концентрације  $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ .

е) Ваш производ ће се сматрати чистим уколико у препарату нема заосталих соли које су биле реактанти у изведеној реакцији. Присуство ових соли одређиваће се мерењем моларне проводљивости раствора комплекса концентрације  $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ . Проводљивост неког раствора зависи од броја јона на које дисосују присутни електролити, од наелектрисања јона, њихове концентрације и покретљивости, као и од температуре раствора. У табели испод дате су очекиване вредности моларне проводљивости за водене растворе супстанци различитог јонског састава концентрације  $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ .

број јона који настаје дисоцијацијом супстанце	моларна проводљивост [ $\mu\text{S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$ ]
2	118 – 131
3	235 – 273
4	408 – 435
5	~560

Уколико је Ваш производ чист, колику вредност моларне проводљивости његовог раствора концентрације  $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$  треба очекивати?

## Практични задатак 2.

а	б	в	г	д	ђ	е	ж	Укупно 13,5 %
30	6	2	2	2	2	2	3	49

### Одређивање гвожђа перманганометријски

Једна од најважнијих метода за волуметријско одређивање гвожђа је перманганометрија. Калијум-перманганат је једно од најјачих оксидационих средстава и може да оксидује врло широк спектар супстанци (гвожђе(II), оксалате, хлориде, водоник-пероксид, разна органска једињења, чак и металну живу). Да би анализа била успешно изведена, неопходно је да целокупно гвожђе буде у оксидационом стању +2. Титрација се изводи у јако киселој средини. Приликом титрације неопходно је додати Цицерман–Рајнхартов реагенс. Састав овог воденог раствора је: 7 g  $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ , 13 ml 85%  $H_3PO_4$  и 13 ml конц.  $H_2SO_4$  у 100 ml. Гвожђе(III) са фосфатом гради безбојни комплекс.

### Поступак:

Допуните до црте раствор који сте добили у нормалном суду од 100 ml. Овај раствор садржи гвожђе(III). Одмерите биретом 25,00 ml раствора у чашу од 400 ml. Додати мензуром 10 ml концентроване хлороводоничне киселине. Раствор пажљиво загрејати у дигестору до кључања, водећи рачуна да раствор не прска. Чашу пажљиво склонити са грејног тела и спустити на белу подлогу у дигестору. Пастеровом пипетом пажљиво додајте (кап по кап) раствор калај(II)-хлорида уз мешање стакленим штапићем до обезбојавања жутог раствора. Мора се додати довољна количина калај(II)-хлорида, али вишак калај(II)-хлорида не сме бити превелик. Разблажите раствор водом до приближно 100 ml. Пренесите чашу на своје радно место и после 2 минута додајте одједном 10 ml раствора жива(II)-хлорида и оставите да стоји 1–2 минута. Том приликом се издваја бело, свиленкасто замућење, чија је количина пропорционална вишку калај(II)-хлорида. Уколико је додат превелик вишак калај(II)-хлорида, јавиће се сиви талог и такву пробу треба одбацити. Проба се додатно разблажује водом до 300 ml, мензуром додаје 10,0 ml Цицерман–Рајнхартовог реагенса и полако титрује стандардним раствором калијум-перманганата уз мешање стакленим штапићем, док се раствор не обоји бледоружичастом бојом која ја постојана 30 секунди.

*А) Забележите утрошене запремине у одговарајућем броју титрација, и одредите се за вредност на основу које ћете радити даља израчунавања.*

$V = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}^3$

***Б) Напишите једначине реакција које се дешавају током анализе.***

***В) Израчунајте масу гвожђа у узорку који који сте добили.***

***Г) Појава сивог талога уколико се дода превелик вишак калај(II)-хлорида доводи до грешке одређивања. Која супстанца из талога реагује са калијум-перманганатом?***

***Д) Манган(II) у Цимерман-Рајнхартовом реагенсу:***

- 1) чини перманганат јачим оксидационим средством***
- 2) чини перманганат слабијим оксидационим средством***
- 3) не утиче на оксидациону способност перманганата***

***Заокружите број испред тачног одговора.***

**Б) Фосфорна киселина из Цимерман-Рајнхартовог реагенса:**

- 1) чини  $Fe^{2+}$  јачим редукционим средством
- 2) чини  $Fe^{2+}$  слабијим редукционим средством
- 3) не утиче на редукциону способност  $Fe^{2+}$

*Заокружите број испред тачног одговора.*

**Е) Како Цимерман-Рајнхартов реагенс утиче на нашу способност уочавања завршне тачке титрације?**

- 1) Олакшава уочавање завршне тачке титрације.
- 2) Отежава уочавање завршне тачке титрације
- 3) Нема утицаја на уочавање завршне тачке титрације.

*Заокружите број испред тачног одговора.*

**Ж) Напишите једначину реакције која би доводила до нетачног резултата анализе уколико се не би додао Цимерман-Рајнхартов реагенс.**

### Практични задатак 3.

Укупно 13% поена, свака супстанца по 1,3

#### Неорганска квалитативна анализа

Овај задатак ћете радити у другом делу практичног дела такмичења. Израда траје 90 минута. У овој вежби ћете доказати природу десет неорганских једињења без употребе додатних реагенаса. У свакој посуди се налази по једно једињење од наведених:  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Свако једињење се појављује само једном. Идентификујте једињења 1–10. Напомена: будите опрезни при растварању анализа! Растварање појединих анхидрованих супстанци у води је јако егзотермно.

Решење:

1 = \_\_\_\_\_

2 = \_\_\_\_\_

3 = \_\_\_\_\_

4 = \_\_\_\_\_

5 = \_\_\_\_\_

6 = \_\_\_\_\_

7 = \_\_\_\_\_

8 = \_\_\_\_\_

9 = \_\_\_\_\_

10 = \_\_\_\_\_