

Министарство просвете Републике Србије
Српско хемијско друштво

Републичко такмичење из хемије
Нови Пазар, 18.05.2024.

Тест за III и IV разред средње школе

Име и презиме

Место и школа

Разред

Име и презиме професора

Не отварајте добијени материјал док Вам се не каже да то учините. Радите пажљиво! У прилогу се налази чиста хартија на којој треба да рачунате. Означите своја рачунања на хартији редним бројем задатка да би комисија могла да прати ваш рад.

РЕЗУЛТАТЕ ОБАВЕЗНО УПИШИТЕ У МЕСТА КОЈА СУ ЗА ТО ПРЕДВИЂЕНА КОД СВАКОГ ЗАДАТКА!

Заокружене вредности које треба употребити код решавања задатака:

Релативне атомске масе: H=1; He=4; Li=7; Be=9; B=11; C=12; N=14; O=16; F=19; Ne=20; Na=23; Mg=24; Al=27; Si=28; P=31; S=32; Cl=35,5; Ar=40; K=39; Ca=40; Ti=48; Cr=52; Mn=55; Fe=56; Co=59; Ni=59; Cu=64; Zn=65; Ge=73; As=75; Br=80; Kr=84; Rb=85; Sr=88; Y=89; Mo=96; Pd=106; Ag=108; Cd=112; Sn=119; Sb=122; I=127; Xe=131; Cs=133; Ba=137; Ce=140; Pr=141; Nd=144; W=184; Os=190; Ir=192; Pt=195; Au=197; Hg=201; Pb=207; Bi=209; Rn=222; Ra=226; U=238.

Нормални услови: температура = 0°C; притисак 101,3 kPa.

Молска запремина: 22,4 dm³/mol при нормалним условима.

Авогадров број: 6,0·10²³

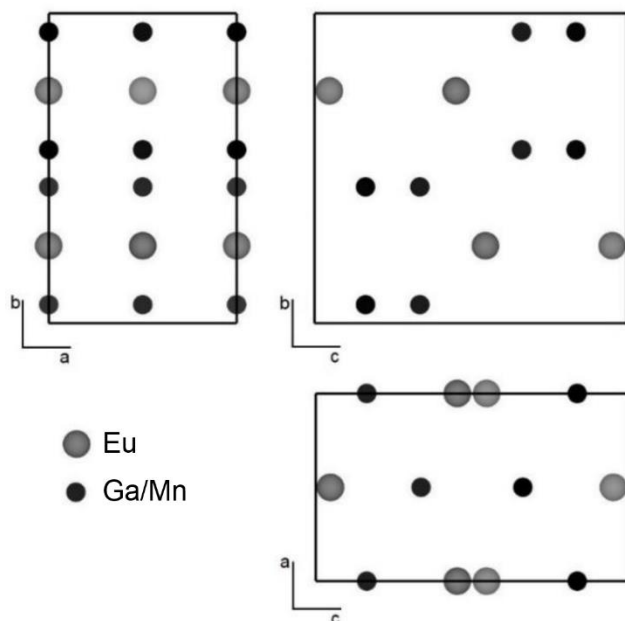
Универзална гасна константа: 8,314 J/K mol

Фарадејева константа: 96500 C

Планкова константа: 6,62·10⁻³⁴ J s

ВРЕМЕ ИЗРАДЕ ТЕСТА ЈЕ 150 МИНУТА.

1. На слици су приказане пројекције јединичне ћелије једног међуметалног једињења које садржи еуропијум, галијум и манган, у ab , bc и ac равнина (осе a , b и c су нормалне једна на другу). Атоми галијума и мангана могу међусобно мењати положаје, а у том случају добијају се чврсти раствори формуле $\text{EuGa}_{a-\delta}\text{Mn}_\delta$. Одредити вредност a .



$a =$ _____

2. Монохроматска натријумова лампа ($\lambda = 589 \text{ nm}$) од 10 W претвара 60% уложене енергије у светлост. Колико фотона ствара ова лампа за $5,0 \text{ s}$?

$N =$ _____
 (1 дец. · експ.)

3. Израчунати густину у односу на водоник гасне смеше која се добија дејством вишка хлороводоничне киселине на смешу истих маса калијум-карбоната и магнезијума?

$\frac{\rho_{\text{смеша}}}{\rho_{\text{H}_2}} =$ _____
 (1 дец.)

4. Узорак амонијум-хлорида масе 10,7 g и узорак калцијум-хидроксида масе 6,0 g помешани су, а добијена смеша је благо загревана. Израчунати запремину насталог гаса при нормалним условима.

$$V(\text{гас}) = \frac{\quad}{(1 \text{ дец.})} \text{ dm}^3$$

5. Да би се израчунало колико топлоте се ослобађа растварањем једног мола гасовитог хлороводоника у n мола воде добијена је следећа емпиријска зависност:

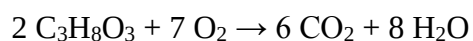
$$Q \left[\frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right] = \frac{50,1(n-1)}{n} + 22,5$$

Када настаје један мол хлороводоничне киселине у бесконачно разблаженом раствору из простих супстанци у гасовитом агрегатном стању и из воде у течном агрегатном стању ослобађа се 165 kJ. Израчунати енталпију настајања гасовитог хлороводоника.

$$\Delta_f H(\text{HCl}(\text{g})) = \frac{\quad}{(1 \text{ дец.})} \text{ kJ/mol}$$

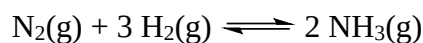
6. Енталпије реакција сагоревања могу се одредити калориметријом. Калориметар са бомбом састоји се од херметички затворене коморе (бомбе) уроњене у воду, узорак се у њему пали под високим притиском у присуству кисеоника, а ослобођена топлота израчунава се помоћу пораста температуре система који се мери термометром. Када се у калориметарској бомби, уроњеној у 3000 g воде, у вишку кисеоника сагори 4,60 g глицерола, температура воде расте за 5,85 °C. Израчунати енталпију дате реакције.

Специфични топлотни капацитет воде је $4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$, а топлотни капацитет калориметра (константа калориметра) је $1672 \frac{\text{J}}{\text{K}}$.



$$\Delta_r H = \frac{\quad}{(\text{цео број})} \text{ kJ/mol}$$

7. На неком притиску и температури успостављена је равнотежа:



и тада се у суду с покретним клипом налази 0,65 mol N_2 , 0,25 mol H_2 и 0,10 mol NH_3 , а притисак је такав да је запремина равнотежног система 1,00 dm³.

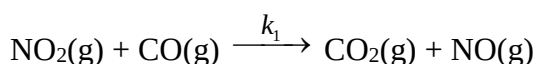
а) Израчунати константу равнотеже на овој температури и притиску.

$$K = \frac{\quad}{\quad} \quad (2 \text{ дец.})$$

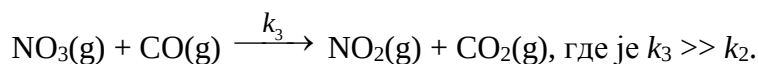
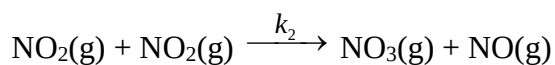
б) Реакционом систему се дода 0,25 mol N_2 , тако да се не промене ни притисак ни температура. Заокружити број испред тачне тврдње.

- 1) Додатком 0,25 mol N_2 при овим условима равнотежа се помера улево.
- 2) Додатком 0,25 mol N_2 при овим условима равнотежа се помера удесно.
- 3) Додатком 0,25 mol N_2 при овим условима равнотежа није поремећена.

8. Сматра се да се реакција:



на температурама изнад 225 °C одвија у једном кораку. На температурама испод 225 °C одвија се у два корака према механизму:



Написати образац за брзину ове хемијске реакције:

а) на температурама изнад 225 °C; $v = \underline{\hspace{2cm}}$

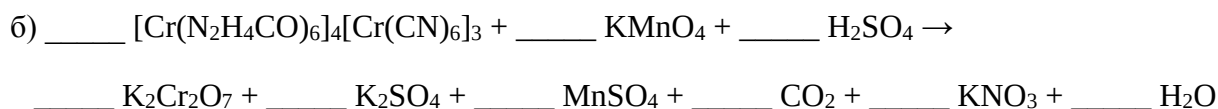
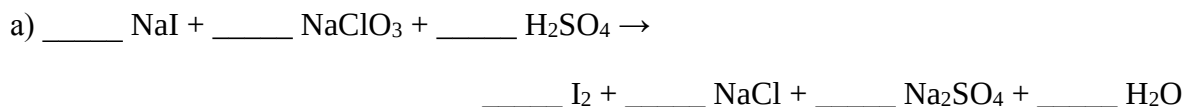
б) на температурама испод 225 °C. $v = \underline{\hspace{2cm}}$

9. Припремљен је раствор мешањем 750 cm^3 воденог раствора бензиламина ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{NH}_2$) концентрације $0,500 \text{ mol/dm}^3$ и 250 cm^3 бензиламонијум-хлорида ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{NH}_3^+\text{Cl}^-$) концентрације $1,00 \text{ mol/dm}^3$. Израчунати pH добијеног раствора.

$$K_a(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{NH}_3^+) = 4,30 \cdot 10^{-10}$$

$$\text{pH} = \underline{\hspace{2cm}} \\ \text{(2 дец.)}$$

10. Средити коефицијенте у следећим једначинама реакција оксидо-редукције.



11. Боракс је тривијалан назив за кристалохидрат натријум-тетрабората, а формула боракса уобичајено се пише као $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

а) Знајући да боракс садржи хидратисани тетраборатни јон, $\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4^{2-}$, написати формулу боракса која показује присуство оваквог тетраборатног јона.

б) Имајући у виду да су два атома бора у тетраборатном јону sp^2 -хибридизована, а друга два sp^3 -хибридизована, нацртати Луисову формулу тетраборатног анијона.

12. Апсорбанца раствора директно је пропорционална концентрацији апсорбујуће врсте присутне у раствору. Осмиридијум и иридосмин су легуре осмијума и иридијума које се ретко јављају у природи. Једна таква легура добија се из руде басена Витватерсранд у Јужној Африци. После флотације и концентровања добијен је прашкаст узорак масе 650 mg који садржи искључиво осмијум и иридијум. Он се преноси у тигл и додаје се довољна количина натријум-пероксида, а затим се та смеша запали тако да се догоди стапање, а добијени материјал се пренесе у чашу с нешто воде, закисели, и садржај чаше дестилује. Једино испарљиво метално једињење у чаши је осмијум-тетроксид, OsO_4 . У прихватном суду, кондензоване паре уводе се у раствор који садржи сумпор-диоксид, чиме се осмијум преводи у неиспарљив сулфит у којем је оксидациони број осмијума +6, а додатком раствора хлороводоничне киселине, тиоуреа (NH_2CSNH_2) и калај(II)-хлорида, преводи се у црвени комплекс $[\text{Os}(\text{NH}_2\text{CSNH}_2)_6]^{3+}$. Овако обрађени дестилат разблажи се дестилованом водом до црте у нормалном суду од $1,000 \text{ dm}^3$, а затим из тог раствора узме $10,00 \text{ cm}^3$, пренесе у нормални суд од $100,0 \text{ cm}^3$ који се затим допуни до црте. Мала количина овог раствора пренесе се у одговарајућу кивету и одреди апсорбанца на 480 nm помоћу спектрофотометра. Апсорбанца анализираниог раствора износила је $A = 0,737$. Раствор стандарда овог комплекса концентрације $1,12 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ даје вредност апсорбанце $A = 0,448$ у кивети истог облика на истој таласној дужини.

а) Заокружити број испред тачног исказа. У овој аналитичкој методи:

- 1) сумпор-диоксид је оксидационо средство, а калај(II)-хлорид редукционо средство,
- 2) калај(II)-хлорид је оксидационо средство, а сумпор-диоксид је редукционо средство,
- 3) и сумпор-диоксид и калај(II)-хлорид су редукциона средства,
- 4) и сумпор-диоксид и калај(II)-хлорид су оксидациона средства.

б) Израчунати процентни садржај (по маси) легуре добијене из руде. Претпоставити линеарну зависност концентрације комплексног катјона и апсорбанце у испитиваном опсегу.

$$w(\text{Os}) = \frac{\quad}{(1 \text{ дец.})} \%$$

$$w(\text{Ir}) = \frac{\quad}{(1 \text{ дец.})} \%$$

13. Једињење **A** које садржи метал **M** безбојна је кристална супстанца која се одлично раствара у води. Користи се као реагенс у квалитативној анализи, а у базној средини даје једињење **B** које садржи 6,9% кисеоника (масених). Загревањем **A** губи 36,5% масе. Када се у раствор **A** дода нешто раствора натријум-сулфида, добија се црни талог **B**. Када се **B** загрева на 900 °C добија се сиви прах метала **M** – из 1,10 g **B** може се загревањем на овај начин добити 0,96 g **M**. Написати формуле једињења **A–B**.

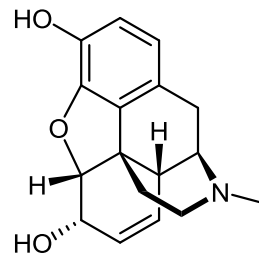
A = _____ **B** = _____ **B** = _____

14. Олеандрин ($C_{32}H_{48}O_9$) је кардиотоксично једињење које производи олеандер (*Nerium oleander* L.). Садржај олеандрина у сувим листовима ружичастог олеандера је 0,0082% (масених). Од укупне количине унетог олеандрина, 30% прелази у крвоток. Сматра се да при концентрацији овог једињења у крви од 0,035 nmol/mL долази до смртог исхода. Израчунати масу листова олеандера која може да убије човека који их поједе. Узети да просечан човек има 5 L крви.

$m =$ _____ g
(2 дец.)

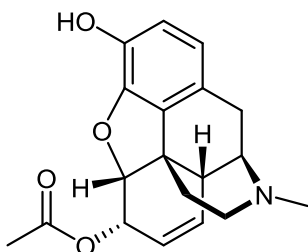
15. Нека ракија садржи 30% (масених) етанола и 0,15% (масених) изоамил-алкохола (3-метил-1-бутанола). У ракијама се обично налази и изовалералдехид (3-метилбутанал). Водећи рачуна о стереохемији, написати структурне формуле ацетала који се могу наћи у овој ракији. Израчунати релативне заступљености ових ацетала у ракији. Занемарити разлике у стабилности ацетала.

16. Морфин (структура десно) се трансформише у хероин (I) дејством вишка анхидрида сирћетне киселине. У заплеењим илегалним узорцима хероина, који се анализирају помоћу гасне хроматографија са масеном детекцијом, поред хероина често се детектују и два додатна производа ове реакције (II и III). Масени спектри ова два једињења показују да они изомери, а настају у већој количини ако је приликом синтезе коришћено мање анхидрида. Производ II се може уклонити екстракцијом угљен-тетрахлоридног раствора узорка воденим раствором амонијака. Која формула одговара ком једињењу? Уписати одговарајућа слова.

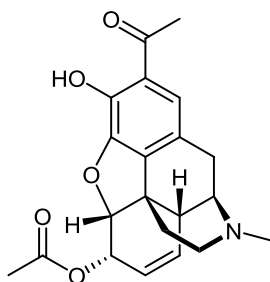


I: _____ II: _____ III: _____

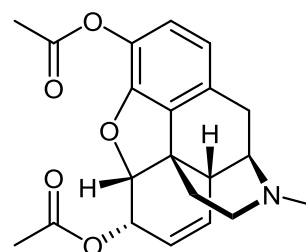
a



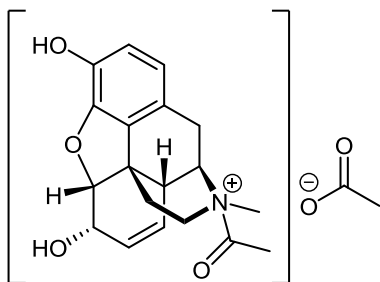
б



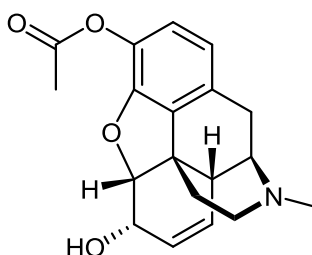
в



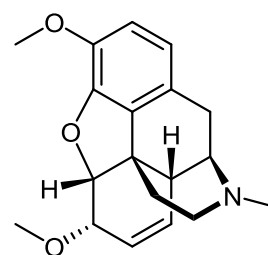
г



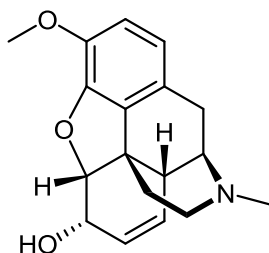
д



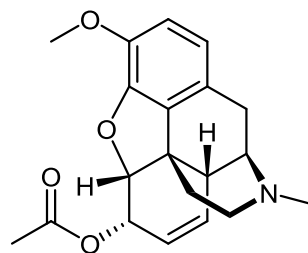
ђ



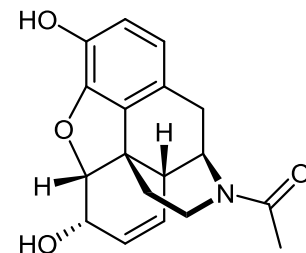
е



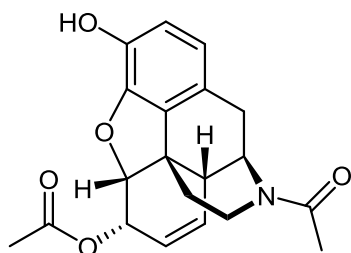
ж



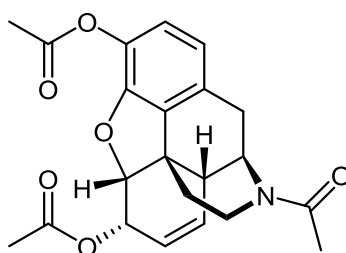
з



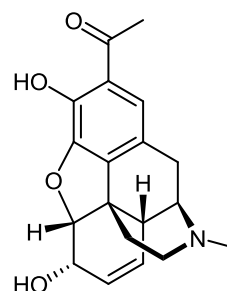
и



ј



к



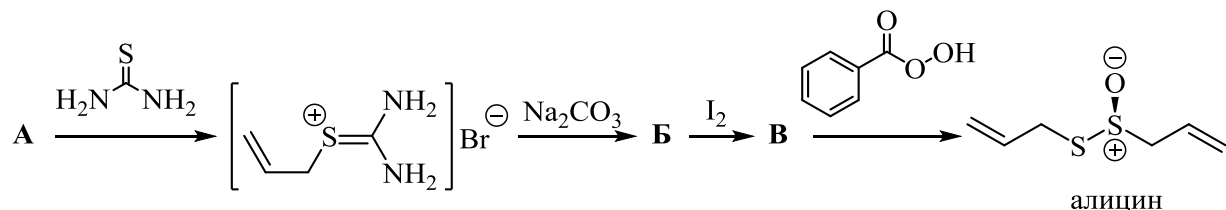
17. Уље уљане репице садржи велике количине неразгранатог ацикличног једињења **X**. Оно је највећим делом у уљу у везаном облику, а не слободно. Једињење **X** се изолује тако што се уље третира алкохолним раствором калијум-хидроксида, а у добијени раствор се дода алкохолни раствор магнезијум-ацетата. Издвојени талог се разгради киселином, па се фракционом кристализацијом добија једињење **X**. Јодни број једињења **X** је 75,1, што значи да 100 g **X** реагује са 75,1 g I₂ у неполарном растварачу. Ако се **X** подвргне дејству озона тако да се одигра раскидање C=C веза уз оксидативну обраду воденим раствором водоник-пероксида (под тим условима на месту C=C везе настају две карбоксилне групе), добијају се само два производа: једињење **Y**, релативно ретко у природи, и једињење **Z**, које се користи као мономер за добијање хетерополимера. **Y** је течност мириса на ужеглу маст, али је једињење **Q**, производ реакције **Y** са метанолом у присуству киселог катализатора, пријатног мириса налик на воће и садржи 69,8% угљеника (по маси). Написати структурне формуле једињења **X**, **Y** и **Z**.

X =

Y =

Z =

18. Дата је схема синтезе алицина, једињења које се ослобађа из белог лука (*Allium sativum* L.) када се он сече или дроби. **A**, **B** и **V** су органска једињења. **B** има кисела својства, док **A** и **V** немају. У кораку у којем се добија **B** ослобађа се и уреа (карбамид) као споредни производ. **V** показује три сигнала у ¹³C НМР-спектру. Пербензоева киселина (C₆H₅CO₃H) је оксидационо средство.



Написати структурне формуле једињења **A**, **B** и **V**.

A =

B =

V =

19. У српском језику постоје различити народни називи за биљну врсту *Sambucus nigra* L. – зова (уобичајени назив), будзова (Банат), б'з (Јужна и Источна Србија), базга (Босна и Крајина) итд. Један од испарљивих састојака цветова ове врсте је једињење **X** које у биљци настаје из изолеуцина (2-амино-3-метилпентанска киселина). Када се у метанолни раствор изолеуцина дода вишак тионил-хлорида добија се со **A**. У реакцији соли **A** и бензалдехида, а у присуству еквивалентне количине триетиламина, добија се једињење **X**. Једињење **X** је нестабилно у воденом раствору, па се врло мале количине могу пронаћи у соку од зове, нарочито ако су цветови кувани у току припреме. Написати структурне формуле једињења **A** и **X**. Занемарити стереохемију.

A =

X =

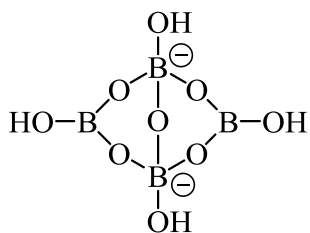
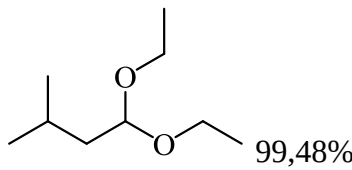
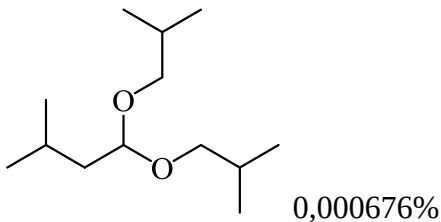
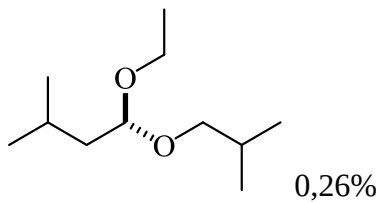
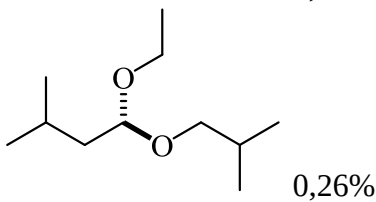
20. Србија је трећи највећи произвођач малина на свету. Фрамбинон (**Φ**, малина-кетон) је једињење које даје арому малини. **Φ** се може добити у два корака. У првом кораку једињење **A** реагује са једињењем **B** у присуству натријум-хидроксида. Добијени производ се затим третира водоником у присуству родијума диспергованог на алуминијум-оксиду као катализатора. Једињење **A** производе орхидеје из рода *Vanilla*. Оно садржи 4,92% водоника, 26,23% кисеоника, а остатак је угљеник. Једињење **A** показује четири сигнала у ¹H НМР-спектру од којих су два синглети. Моларна маса једињења **B** је 58 g/mol. Једињење **B** реагује са јодом у базној средини уз издвајање жутог талога. Написати структурне формуле једињења **A**, **B** и **Φ**.

A =

B =

Φ =

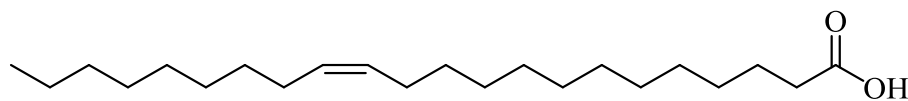
Кључ теста за III и IV разред

	поени
1. $a = 2$	3
2. $8,9 \cdot 10^{19}$	3
3. 4,1	3
4. $3,6 \text{ dm}^3$	3
5. $-92,4 \text{ kJ/mol}$	3
6. -3326 kJ/mol	3
7. а) $K = 0,98$	1,5
б) 1	1,5
8. а) $v = k[\text{NO}_2][\text{CO}]$	1,5
б) $v = k[\text{NO}_2]^2$	1,5
9. $\text{pH} = 9,54$	3
10. а) $\underline{6} \text{ NaI} + \text{NaClO}_3 + \underline{3} \text{ H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \underline{3} \text{ I}_2 + \text{NaCl} + \underline{3} \text{ Na}_2\text{SO}_4 + \underline{3} \text{ H}_2\text{O}$	1,5
б) $\underline{10} [\text{Cr}(\text{N}_2\text{H}_4\text{CO})_6]_4[\text{Cr}(\text{CN})_6]_3 + \underline{1176} \text{ KMnO}_4 + \underline{1399} \text{ H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ $\underline{35} \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \underline{223} \text{ K}_2\text{SO}_4 + \underline{1176} \text{ MnSO}_4 + \underline{420} \text{ CO}_2 +$ $\underline{660} \text{ KNO}_3 + \underline{1879} \text{ H}_2\text{O}$	1,5
11. а) $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	1
б)	
	2
12. а) 3	1
б) $w(\text{Os}) = 53,8\%$, $w(\text{Ir}) = 46,2\%$	1+1
13. A = AgNO_3 , Б = Ag_2O , B = Ag_2S	1+1+1
14. 4,10 g	3
15.	
 99,48%	4·0,5 (структуре)
 0,000676%	1 (заступ.)
 0,26%	
 0,26%	

16. **I:** в, **II:** а, **III:** д

1+1+1

17. **X** =



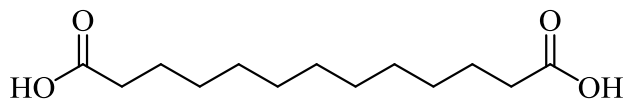
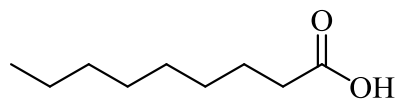
1

(стереохемија на двострукој вези није важна)

Y =

Z =

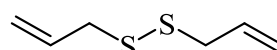
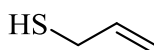
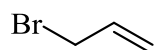
1+1



18. **A** =

Б =

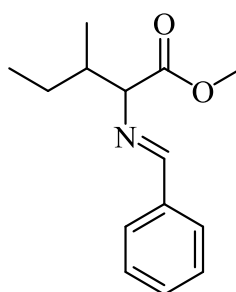
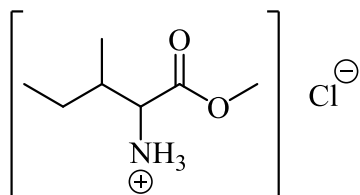
В =



1+1+1

19. **A** =

X =



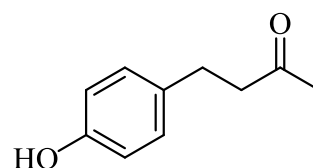
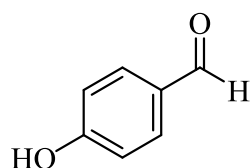
1,5+1,5

(стереохемија на двострукој вези није важна)

20. **A** =

Б =

В =



1+1+1