

## РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ

17–19. мај 2019. године

### ДЕТАЉНА РЕШЕЊА ЗА VIII РАЗРЕД

1. Маса гаса који електрана испусти за седам дана је  $7 \text{ d} \cdot 2 \frac{\text{t}}{\text{d}} = 14 \text{ t}$ . Пошто овај гас садржи 2,2% сумпор(IV)-оксида, маса овог оксида у гасу који се ослободи за седам дана је:

$$m(\text{SO}_2) = m(\text{SO}_2) \cdot \omega(\text{SO}_2, \text{гас}) = 14 \text{ t} \cdot \frac{2,2}{100} = 0,308 \text{ t} = \boxed{308 \text{ kg}}$$

2. а) Као ракетно готиво користи се  $\text{H}_2$  (водоник), и то због своје мале густине и велике енергије коју ослобађа приликом сагоревања. б) Због својег штетног дејства на микроорганизме,  $\text{SO}_2$  (сумпор(IV)-оксид, сумпор-диоксид) се користи за стерилизацију сувог воћа. И друга сродна сумпорова једињења користе се за стерилизацију (нпр. винобран). в) Разна једињења која садрже амонијум-катјон ослобађају велику количину гаса и топлоте приликом разлагања, па се зато  $\text{NH}_3$  (амонијак) користи у производњи експлозива, јер се те соли добијају у његовој реакцији с базама. г) Као гас који не подржава горење,  $\text{CO}_2$  (угљеник(IV)-оксид, угљен-диоксид) се користи у противпожарним апаратима. д) Гас смејавац  $\text{N}_2\text{O}$  (азот(I)-оксид, азот-субоксид) је нетоксичан слаб општи анестетик.

3. Задатак се може решити на два начина.

*Начин 1:*

Како је дата релативна молекулска маса (бројчано једнака моларној маси), можемо израчунати доприносе калијума, сумпора и кисеоника у молекулској формули:

$$M(\text{K}, \text{винобран}) = \omega(\text{K}, \text{винобран})M(\text{винобран}) = 0,351 \cdot 222 \text{ g/mol} = 78 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{S}, \text{винобран}) = \omega(\text{S}, \text{винобран})M(\text{винобран}) = 0,288 \cdot 222 \text{ g/mol} = 64 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{O}, \text{винобран}) = \omega(\text{O}, \text{винобран})M(\text{винобран}) = 0,361 \cdot 222 \text{ g/mol} = 80 \text{ g/mol}$$

Одговарајући индекси у молекулској формули (односно формули која представља формулску јединку,  $\text{K}_x\text{S}_y\text{O}_z$ ) се добијају као:

$$x = \frac{M(\text{K}, \text{винобран})}{M(\text{K})} = \frac{78 \text{ g/mol}}{39 \text{ g/mol}} = 2$$

$$y = \frac{M(\text{S}, \text{винобран})}{M(\text{S})} = \frac{64 \text{ g/mol}}{32 \text{ g/mol}} = 2$$

$$z = \frac{M(\text{O}, \text{винобран})}{M(\text{O})} = \frac{80 \text{ g/mol}}{16 \text{ g/mol}} = 5$$

одакле закључујемо да је молекулска формула  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$  (једињење се зове још и калијум-метабисулфит).

Начин 2:

У 100 g винобрана има 35,1 g калијума, 28,8 g сумпора и 36,1 g кисеоника. Количине ових елемената у тим масама су:

$$n(\text{K}) = \frac{m(\text{K})}{M(\text{K})} = \frac{35,1 \text{ g}}{39 \text{ g/mol}} = 0,9 \text{ mol}$$

$$n(\text{S}) = \frac{m(\text{S})}{M(\text{S})} = \frac{28,8 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = 0,9 \text{ mol}$$

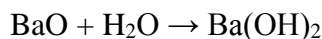
$$n(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{36,1 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}} = 2,26 \text{ mol}$$

а најмањи целобројни однос количина ових елемената је:

$$n(\text{K}) : n(\text{S}) : n(\text{O}) = (0,9 \text{ mol}) : (0,9 \text{ mol}) : (2,26 \text{ mol}) \approx 2 : 2 : 5$$

Формула  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$  задовољава вредност релативне молекулске масе, па је ово тачан одговор.

4. Баријум-хидроксид се овде добија у реакцији баријум-оксида, његовог анхидрида, и воде:



Део воде којом се делује на баријум-оксид потрошиће се у овој реакцији, а остатак ће разблаживати настали баријум-хидроксид. У 120 g 3,42% раствора баријум-хидроксида маса растворене супстанце је:

$$m(\text{Ba}(\text{OH})_2) = m_p \cdot \omega(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 120 \text{ g} \cdot \frac{3,42}{100} = 4,104 \text{ g}.$$

$$\text{што одговара количини од } n(\text{Ba}(\text{OH})_2) = \frac{m(\text{Ba}(\text{OH})_2)}{M(\text{Ba}(\text{OH})_2)} = \frac{4,104 \text{ g}}{(137 + (16+1) \cdot 2) \text{ g/mol}} = 0,024 \text{ mol}.$$

$$\text{Маса воде у овом раствору је: } m(\text{H}_2\text{O})_p = m_p - m(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 120 \text{ g} - 4,104 \text{ g} = 115,896 \text{ g}.$$

Из једначине реакције се види да један мол баријум-оксида даје један мол баријум-хидроксида када реагује са једним молем воде, односно  $n(\text{Ba}(\text{OH})_2) = n(\text{BaO}) = n(\text{H}_2\text{O})$ .

Масе баријум-оксида и воде које су неопходне да би се добило 4,104 g хидроксида су:

$$m(\text{BaO}) = n(\text{BaO}) \cdot M(\text{BaO}) = 0,024 \text{ g/mol} \cdot 153 \text{ g/mol} = 3,672 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 0,024 \text{ g/mol} \cdot 18 \text{ g/mol} = 0,432 \text{ g}$$

За припремање овог раствора неопходно је **3,672 g BaO** и  $115,896 \text{ g} + 0,432 \text{ g} =$  **116,328 g воде**.

5. а) Криве растворљивости натријум-хлорида и калијум-хлорида секу се на **30 °C**.

б) Вредност на у-оси за  $x = 20 \text{ °C}$  за криву растворљивости калијум-нитрата је **30 g**.

в) За  $x = 10$  °C највећа вредност растворљивости уочава се код криве растворљивости  $\text{NaNO}_3$ .

г) Са графика се може очитати растворљивост калијум-хлорида на 50 °C, и она износи нешто мало више од 40 g у 100 g  $\text{H}_2\text{O}$ . Када се само 30 g  $\text{KCl}$  раствори у 100 g  $\text{H}_2\text{O}$ , добија се **незасићени раствор**.

д) Једина крива растворљивости код које се уочава смањење растворљивости с порастом температуре припада церијум(III)-сулфату,  $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$ .

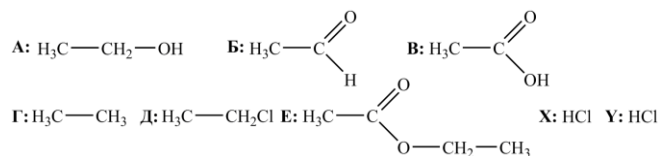
**6.** **Еутрофикација** се у некој води дешава када она постане изузетно богата хранљивим супстанцама, што изазива „цветање воде”, односно пораст количине фитопланктона. Нарочит ефекат имају једињења која садрже азот и фосфор, попут детерџената и ђубрива. Једино једињење које садржи азот или фосфор од понуђених је натријум-фосфат (**а**), који се иначе користи као састојак у средствима за прање. Остала једињења, изузев калцијум-карбоната, су такође опасна по животну средину, али зато што су штетна по живи свет.

**7.** **Метан** ( $\text{CH}_4$ ) је гас, **2-пропанол** ( $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ ) и **1-пентанол** ( $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$ ) течности, а **стеаринска киселина** ( $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ ) чврста супстанца на собној температури. Ако су и температура топљења и температура кључања неког једињења мање од собне температуре, онда је оно гас на собној температури. Ако је температура топљења мања, а температура кључања већа од собне температуре, једињење је течност на собној температури. Слично, ако су и температура топљења и температура кључања веће од собне температуре, једињење је чврсто на тој температури. На овај начин лако можемо одредити којим вредностима температура припадају метан и стеаринска киселина. Да бисмо то исто урадили за 2-пропанол и 1-пентанол, неопходно је знати да код органских једињења исте класе постоји тренд смањења испарљивости с порастом броја угљеникових атома, па очекујемо да 2-пропанол буде испарљивији од 1-пентанола. Секундарни алкохол 2-пропанол оксидацијом даје кетон ацетон, те му припада својство III. Примарни алкохол 1-пентанол оксидацијом даје алдехид, па му припада својство IV. Стеаринска киселина има паран број угљеникових атома (осамнаест) и припада јој својство I. Коначно, метан као најпростији алкан нема ни један изомер и припада му својство II.

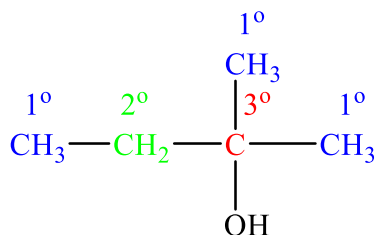
Назив једињења	Температура кључања	Температура топљења	Својство
<b>Б = 2-пропанол</b>	82,2 °C	-87,9 °C	<b>III</b>
<b>Г = 1-пентанол</b>	137,6 °C	-77,6 °C	<b>IV</b>
<b>А = метан</b>	-161,5 °C	-182,5 °C	<b>II</b>
<b>В = стеаринска киселина</b>	371,0 °C	69,3 °C	<b>I</b>

**8.** **Етен** с водом у присуству катализатора подлеже адиционој реакцији у којој настаје одговарајући алкохол А (етанол). Како је у питању примарни алкохол, оксидацијом прво настаје алдехид Б (етанал, ацеталдехид), који се затим оксидује до карбоксилне киселине В (етанска/сирћетна киселина). Када реагују сирћетна киселина и етанол у присуству катализатора настаје одговарајући естар Е, етил-етаноат (етил-ацетат), и вода. Етен с

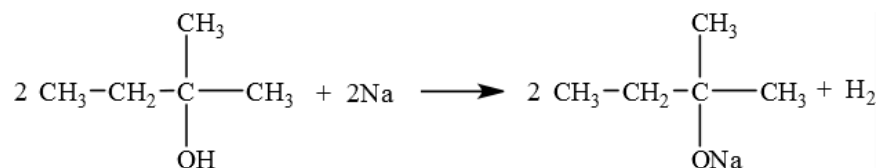
водоником у присуству катализатора такође подлеже адиционој реакцији, а у њој настаје одговарајући алкан Г. Алкани с хлором у присуству светлости дају хлоралкане у реакцији супституције, па је једињење Д хлоретан, а једињење Х хлороводоник. Хлоретан се такође може добити дејством хлороводоника (Y) на етанол, при чему се ослобађа вода.



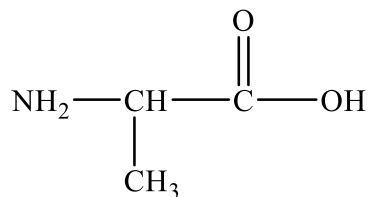
**9.** Како је у питању терцијарни алкохол, хидроксилна група мора бити везана за терцијарни угљеник. Остају још три примарна и један секундарни угљеников атом. Како бисмо испунили све захтеве, за терцијарни угљеник морамо везати два примарна и један секундарни, и затим за секундарни преостали примарни угљеников атом, а на тај начин добијамо 2-метил-2-бутанол:



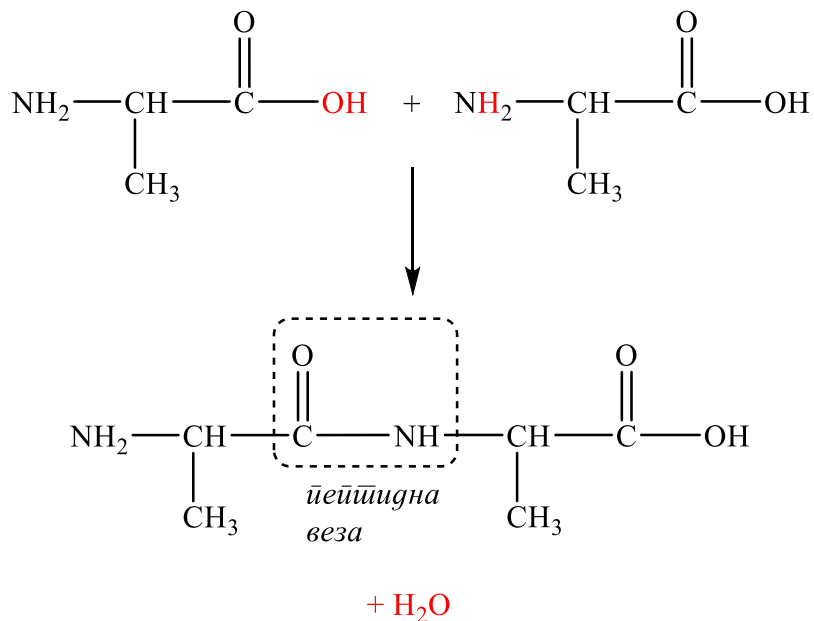
Алкохоли реагују са изразитим металима дајући соли алкохолате (алкоксиде), уз ослобађање водоника:



**10.** Аланин је аминокиселина с метил-групом као бочном групом:



Његова молекулска формула је  $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$ , а моларна маса  $89 \text{ g/mol}$ . Грађењем пептидне везе између два молекула аминокиселина ослобађа се молекул воде:



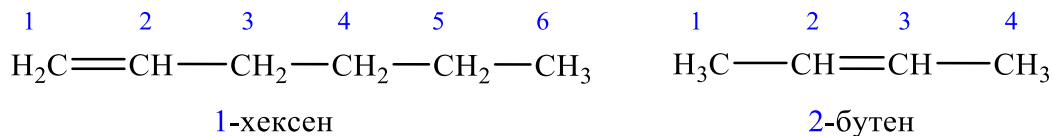
Слично, када бисмо саставили пептид од три аминокиселине (трипептид), дошло би до стварања две пептидне везе и ослобађања два молекула воде. Размишљајући на овај начин можемо закључити да се приликом изградње полипептида од 120 аминокиселина ствара 119 пептидних веза, а ослобађа 119 молекула воде. Моларна маса полипептида изграђеног од 120 јединица аланина је дакле:

$$M(\text{полипептид}) = 120 \cdot M(\text{аланин}) - 119 \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 120 \cdot 89 - 119 \cdot 18 = \boxed{8538 \text{ g/mol}}.$$

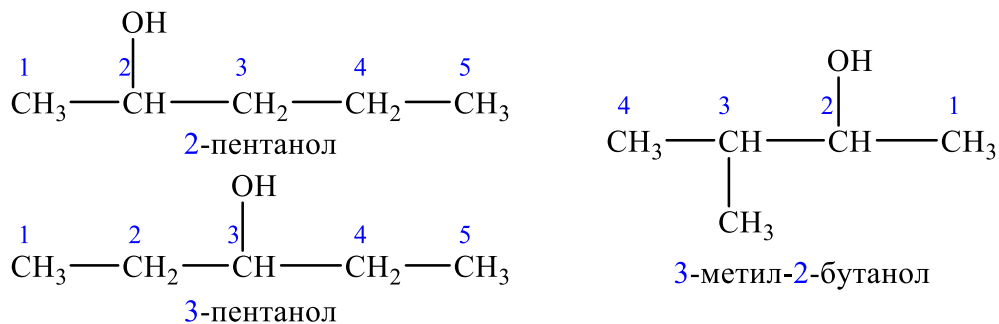
**11.** Да би плава лакмус хартија променила боју у црвену, неопходно је да буде изложена киселом раствору (неутралан и базан раствор не могу да јој промене боју). Азот и водоник су гасови који не реагују с водом, па јој тиме не мењају киселост (pH вредност). Угљеник(IV)-оксид и сумпор(IV)-оксид су анхидриди киселина (угљене и сумпорасте), па с водом реагују дајући киселине, што чини водени раствор у којег се уводе киселим. Амонијак је база која увођењем у водени раствор даје јоне  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{OH}^-$  (због чега се често његови раствори обележавају као „амонијум-хидроксид“, иако је једињење  $\text{NH}_4\text{OH}$  немогуће добити у чистом облику). Дакле, лакмус хартија ће променити боју једино у случају  $\text{CO}_2$  и  $\text{SO}_2$ :

Епрувета са:	Промена боје плаве лакмус хартије
$\text{CO}_2$	+
$\text{NH}_3$	-
$\text{SO}_2$	+
$\text{N}_2$	-
$\text{H}_2$	-

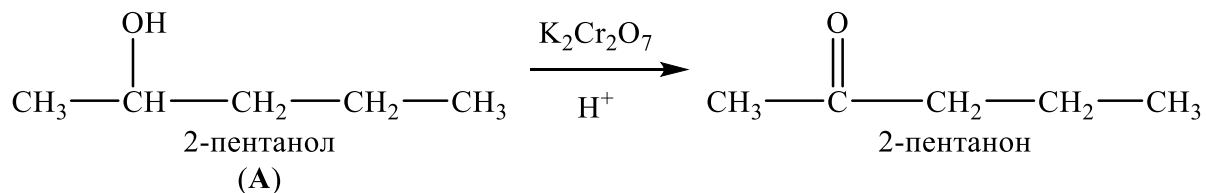
12. За разлику од алкана и бензена, с калијум-перманганатом реагују алкени и алкини. Понуђена су два алкена, 1-хексен и 2-бутен, а њихове рационалне структурне формуле су:



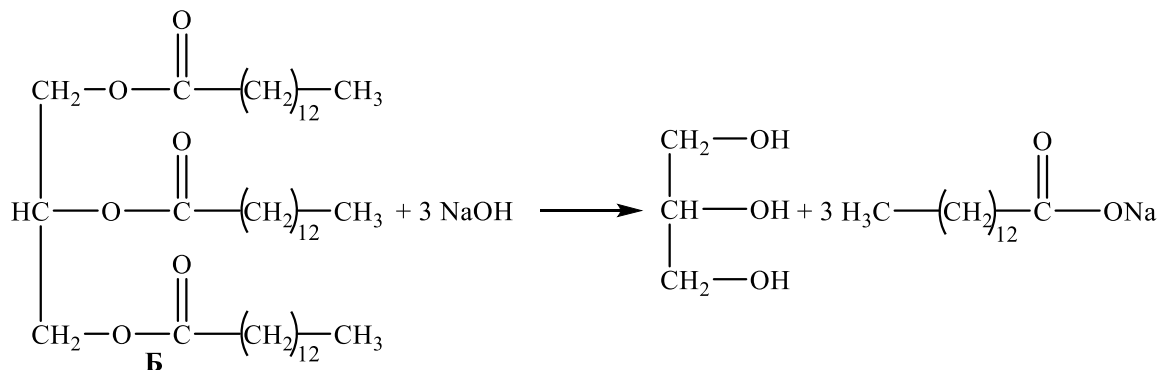
13. Секундарни алкохоли поседују хидроксилну групу која је везана за секундарни угљеников атом. Узимајући у обзир изомерију низа и изомерију положаја, можемо написати три секундарна алкохола молекулске формуле  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ :



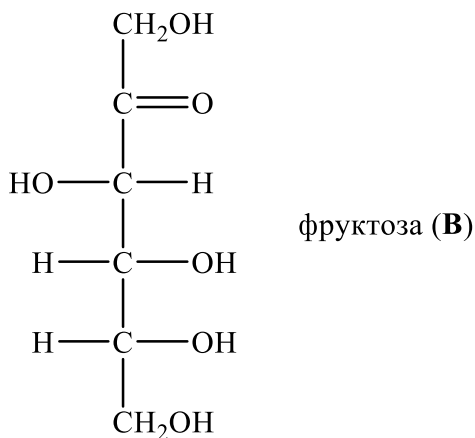
14. Како једињење А оксидацијом киселим раствором калијум-дихромата даје кетон (2-пентанон), оно мора бити одговарајући секундарни алкохол:



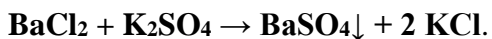
Једињење Б мора бити триацил-глицерол, односно естар глицерола с три више масне киселине, у овом случају тетрадеканске киселине. Молекул тетрадеканске киселине има четрнаест угљеникових атома:



Сахароза је дисахарид изграђен из једне јединице глукозе (алдохексоза) и једне јединице фруктозе (кетохексоза). Дејством воденог раствора киселине на дисахариде, они се хидролизују до одговарајућих моносахарида. Рационална структурна формула фруктозе је:



**15.** Пошто се у задатку каже да је сипан раствор баријум-хлорида, закључујемо да је баријум-хлорид растворан у води. Као и сви неоргански нитрати, баријум-нитрат је такође растворан у води, па додатак нитратних соли ( $\text{KNO}_3$  и  $\text{NaNO}_3$ ) не би довео до хемијске реакције (у воденом раствору би се само појавили нови јони). Баријум-сулфат се не раствара у води, па закључујемо да непозната супстанца мора бити калијум-сулфат (**б**), а реакција која се одвија:



**16.** а) Повећање броја хидроксилних група чини органске молекуле поларнијим, а тиме и растворљивијим у води. Овај исказ је тачан (**Т**).

б) Карбоксилне киселине са већим бројем угљеникових атома у молекулу (као више масне киселине) мање су поларне него оне с мањим бројем угљеникових атома (засићене ниже карбоксилне киселине), због неполарне природе угљоводоничног ланца. Овај исказ није тачан (**Н**).

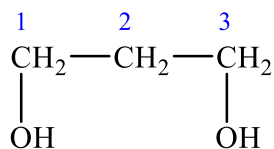
в) Калијум-пропоксид (калијум-пропанолат),  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}^-\text{K}^+$ , изграђен је и из јонских и ковалентних веза. Овај исказ није тачан (**Н**).

г) Моносахариди су полихидроксилни алдехиди или кетони. Овај исказ је тачан (**Т**).

д) Гликол је врло отрован, а значајна примена му је у антифриз средствима. Овај исказ није тачан (**Н**).

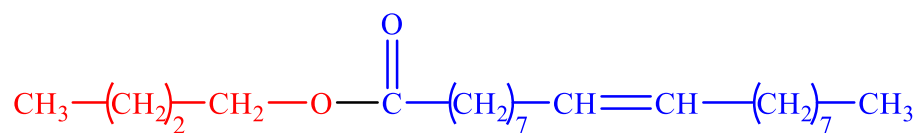
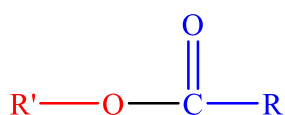
**17.** а) Ово једињење је алдехид чији молекул има три угљеникова атома, а назив му је **пропанал**.

б) Ово једињење је двохидроксилни алкохол:



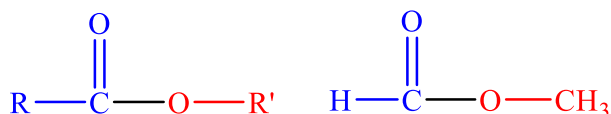
**1,3-пропандиол**

в) Ово једињење садржи естарску групу, RCOOR'. Оно се може добити из *n*-бутанола (алкохолни део, R'O) и 9-октадеценске киселине (киселински део, RCO). Како се естри именују као алкил-алканоати, назив овог једињења је:



**бутил-9-октадеценоат**

г) Ово једињење је естар метанола и мравље киселине:

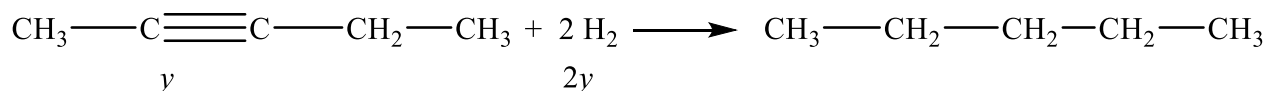
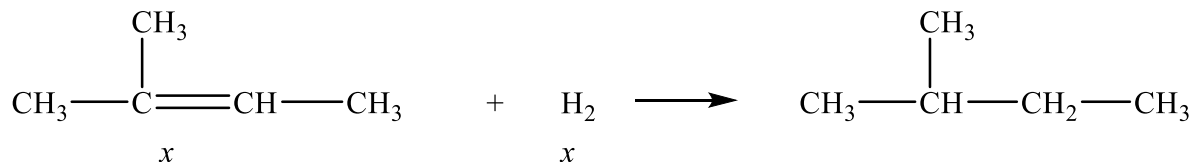


**метил-метаноат**  
**(метил-формијат)**

**18.** Фелингов реагенс се користи за доказивање редукујућих шећера, при чему се бакар(II)-сулфат преводи у бакар(I)-оксид, црвени талог. Глукоза је редукујући шећер. Биуретски реагенс такође садржи бакар(II)-сулфат, а у реакцији с протеинима даје љубичасто обојење као последица реакције између јона бакра(II) и азотових и кисеоникових атома из пептидних веза. Тачни одговори су **б** и **в**.

**19.** Молекулска формула 2-метил-2-бутена је C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>, па му је моларна маса 70 g/mol; молекулска формула 2-пентина је C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>, а његова моларна маса је 68 g/mol. Алкени реагују с водоником у присуству погодног катализатора дајући алкане. Исту реакцију адиције показују и алкини, који се могу с једним еквивалентом водоника редуковати до алкена, а с два до алкана. Пошто се смеша излаже водонику док се реакција у потпуности не оконча, оба једињења превешће се у одговарајуће алкане. Означимо количину првобитно присутног алкена са *x*, а алкина са *y*. Тада је количина водоника потребна за реакцију с почетном смешом *x* + 2*y*:





укупна количина  
угљоводоника у  
полазној смеси:  
 $x + y$

укупна количина  
утрошеног водоника:  
 $x + 2y$

Пошто знамо масе полазне смеси и масу утрошеног водоника, можемо саставити две једначине:

$$m(\text{смеша}) = m(\text{C}_5\text{H}_{10}) + m(\text{C}_5\text{H}_8)$$

$$m(\text{H}_2) = m(\text{H}_2, \text{C}_5\text{H}_{10}) + m(\text{H}_2, \text{C}_5\text{H}_8)$$

односно:

$$m(\text{смеша}) = n(\text{C}_5\text{H}_{10})M(\text{C}_5\text{H}_{10}) + n(\text{C}_5\text{H}_8)M(\text{C}_5\text{H}_8)$$

$$m(\text{H}_2) = n(\text{H}_2, \text{C}_5\text{H}_{10})M(\text{H}_2) + n(\text{H}_2, \text{C}_5\text{H}_8)M(\text{H}_2)$$

Одавде добијамо систем једначина с две непознате ( $x$ ,  $y$ ):

$$\left. \begin{aligned} 63,6 &= x \cdot 70 + y \cdot 68 \\ 2,64 &= x \cdot 2 + (2y) \cdot 2 \end{aligned} \right\}$$

који решавањем даје  $x = 0,52 \text{ mol}$  и  $y = 0,4 \text{ mol}$ . Масе угљоводоника у полазној смеси су:

$$m(\text{C}_5\text{H}_{10}) = n(\text{C}_5\text{H}_{10})M(\text{C}_5\text{H}_{10}) = 0,52 \text{ mol} \cdot 70 \text{ g/mol} = 36,4 \text{ g}$$

$$m(\text{C}_5\text{H}_8) = n(\text{C}_5\text{H}_8)M(\text{C}_5\text{H}_8) = 0,4 \text{ mol} \cdot 68 \text{ g/mol} = 27,2 \text{ g}$$

а њихови масени удели:

$$\omega(\text{C}_5\text{H}_{10}) = \frac{36,4 \text{ g}}{63,6 \text{ g}} = \boxed{57,2\%},$$

$$\omega(\text{C}_5\text{H}_8) = \frac{27,2 \text{ g}}{63,6 \text{ g}} = \boxed{42,8\%}.$$

20. У аспартату можемо лако уочити пептидну везу и раскинути је. Добијамо једну аминокиселину, и један метил-естар аминокиселине. Из структуре метил-естра добија се структура слободне аминокиселине:

