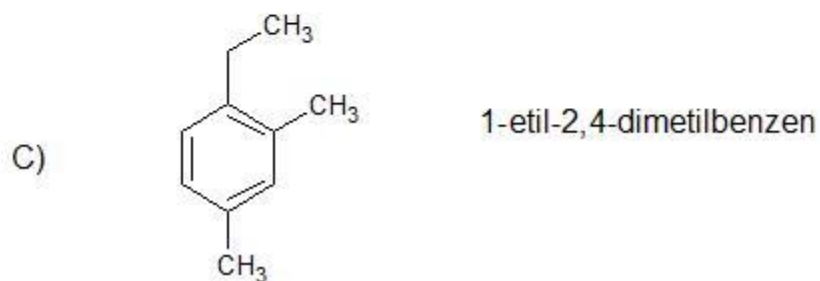
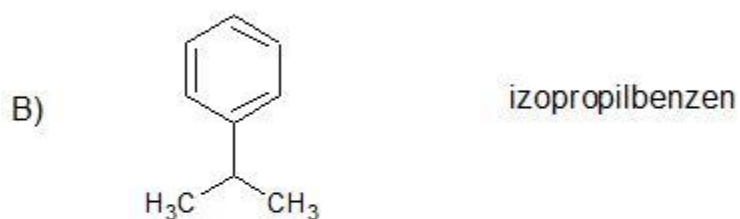
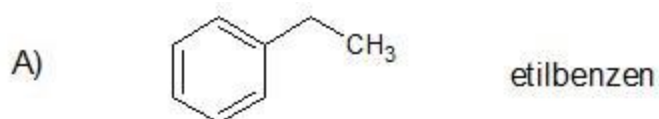


Capitolul 2 - HIDROCARBURI

2.5.ARENE

Exerciții și probleme

E.P.2.5. 1. Denumeste conform IUPAC următoarele hidrocarburi aromatice mononucleare:



Determină formula generală a hidrocarburilor aromatice mononucleare cu catenă laterală saturată.

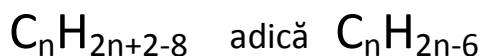
Formula generală a alcanilor este C_nH_{2n+2} .

Hidrocarburile aromatice mononucleare au un ciclu și 3 legături duble. La apariția unui ciclu dispar 2 atomi de hidrogen. De asemenea la apariția unei duble legături.

Deci la apariția unui ciclu și a trei legături duble vor dispărea 8 atomi de hidrogen.

$$2 + 3 \cdot 2 = 8$$

Formula generală a hidrocarburilor aromatice mononucleare cu catenă laterală saturată devine:



E.P.2.5. 2. Scrie formulele de structură și formulele moleculare ale următoarelor hidrocarburi aromatice:

- 1,2-dietilbenzen;
- izopropilbenzen;
- 1,3,5,-trimetilbenzen;
- orto-etiltoluen;
- meta-dietilbenzen.

Rezolvare :

➤ **Determinarea formulelor moleculare**

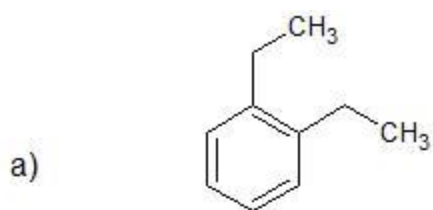
Formula generală C_nH_{2n-6}

- 1,2-dietilbenzen **are $2 + 2 + 6 = 10$ atomi de carbon** → $C_{10}H_{14}$
- izopropilbenzen **are $3 + 6 = 9$ atomi de carbon** → C_9H_{12}
- 1,3,5,-trimetilbenzen **are $1 + 1 + 1 + 6 = 9$ atomi de carbon** → C_9H_{12}
- orto-etiltoluen **are $2 + 1 + 6 = 9$ atomi de carbon** → C_9H_{12}
- meta-dietilbenzen **are $2 + 2 + 6 = 10$ atomi de carbon** → $C_{10}H_{14}$

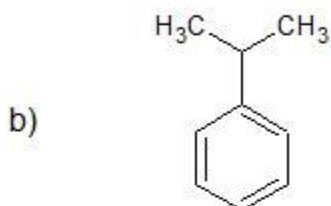
unde:

- metil $-CH_3$ are 1 atom de carbon;
- etil $-CH_2-CH_3$ are 2 atomi de carbon
- izopropil $H_3C - C^*H - CH_3$ are 3 atomi de carbon
- toluenul este metilbenzen $C_6H_5-CH_3$ are $6 + 1 = 7$ atomi de carbon
- benzenul C_6H_6 are 6 atomi de carbon

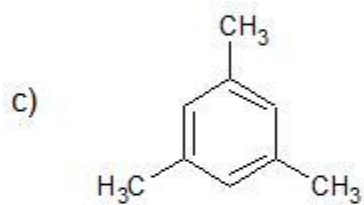
➤ **Formulele de structură sunt:**



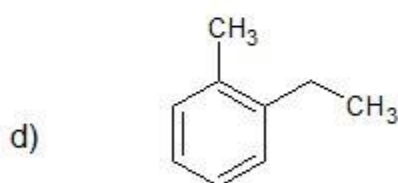
1,2-dietilbenzen



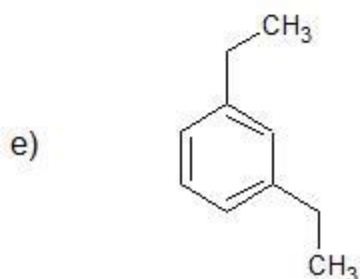
izopropilbenzen



1,3,5-trimetilbenzen



orto-etiltoluen



meta-dietilbenzen

E.P.2.5. 3. O hidrocarbură aromatică, A, mononucleară, disubstituită se arde. Știind că hidrocarbura A are catena laterală de tipul C_nH_{2n+1} și că prin arderea a 0,05 kmoli hidrocarbură se degajă $10,08 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$, se cere:

- determină formula moleculară a hidrocarbunii aromatice A.
- scrie formula de structură a izomerului hidrocarbunii A care prin monoclorurare catalitică formează un singur compus.

Rezolvare a:

0,05 kmoli				10,08 m ³		
C_nH_{2n-6}	+	$3(n-1)O_2$	→	nCO_2	+	$(n-3)H_2O$
A		oxigen		dioxid de carbon		apă
1 kmol				$n \cdot 22,4 \text{ m}^3$		

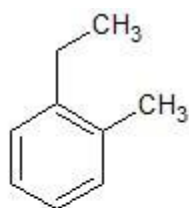
$$V_{\text{molar}} = 22,4 \text{ m}^3 / \text{kmol}$$

$$n \cdot 22,4 \cdot 0,05 = 1 \cdot 10,08$$

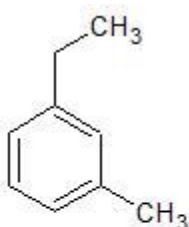
$$n = 10,08 / 1,12 = 9$$

formula moleculară este C_9H_{12}

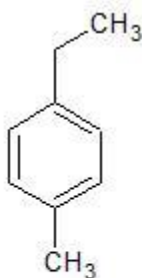
Hydrocarbura aromatică, **A**, mononucleară, **disubstituită** are următorii izomeri:



1-etil-2-metilbenzen

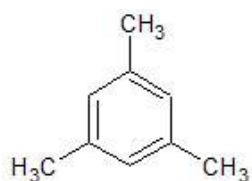


1-etil-3-metilbenzen

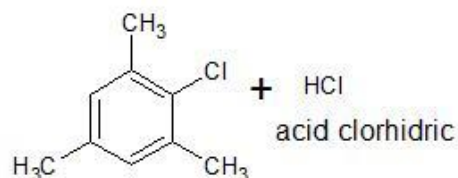
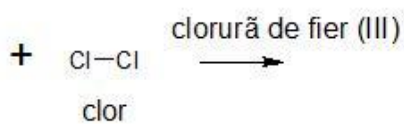


1-etil-4-metilbenzen

Rezolvare b:



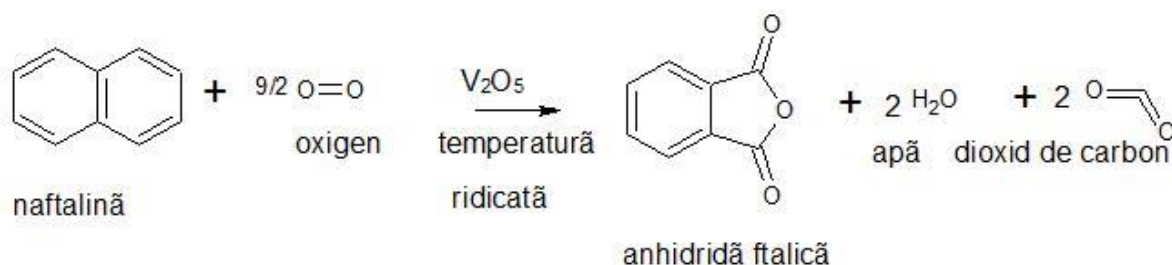
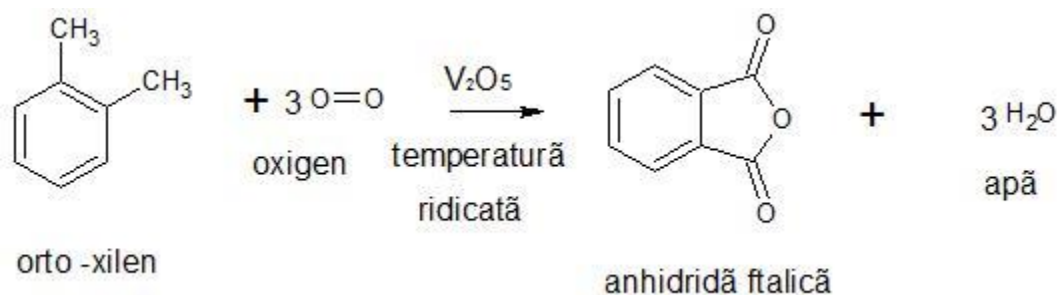
1,3,5-trimetilbenzen



2-cloro-1,3,5-trimetilbenzen

E.P.2.5. 4. 42,4 g amestec echimasic de orto-xilen și naftalină se oxidează cu aer., pe catalizator de V_2O_5 la temperatură ridicată. Calculează masa de anhidridă ftalică obținută. Care din cele două hidrocarburi din amestec consumă la oxidare un volum mai mare de aer și cu cât.

Rezolvare:



Amestec echimasic, adică mase egale de orto-xilen și naftalină și anume 21,2 g orto-xilen, respectiv 21,2 g naftalină:

$21,2 + 21,2 = 42,4$ g amestec echimasic

21,2 g		V1 litri	V_2O_5	m1 g		
C_8H_{10}	+	$3O_2$	\rightarrow	$C_8H_4O_3$	+	$3H_2O$
orto-xilen		oxigen	temperatură ridicată	anhidridă ftalică		apă
106 g		$3 \cdot 22,4$ litri		148 g		

21,2 g		V2 litri	V_2O_5	m2 g				
$C_{10}H_8$	+	$9/2 O_2$	\rightarrow	$C_8H_4O_3$	+	$2H_2O$	+	$2CO_2$
naftalină		oxigen	temperatură ridicată	anhidridă ftalică		apă		dioxid de carbon
128 g		$9/2 \cdot 22,4$ litri		148 g				

$$M C_8H_{10} = 8 \cdot 12 + 10 \cdot 1 = 96 + 10 = 106 \text{ g/ mol}$$

$$M C_{10}H_8 = 10 \cdot 12 + 8 \cdot 1 = 128 \text{ g/ mol}$$

$$M C_8H_4O_3 = 8 \cdot 12 + 4 \cdot 1 + 3 \cdot 16 = 96 + 4 + 48 = 148 \text{ g/ mol}$$

$$V_{\text{molar}} = 22,4 \text{ litri/ mol}$$

$$m_1 = 21,2 \cdot 148 / 106 = 29,6 \text{ g anhidridă ftalică}$$

$$m_2 = 21,2 \cdot 148 / 128 = 24,5125 \text{ g anhidridă ftalică}$$

$$m_1 + m_2 = 29,6 + 24,51 = 54,11 \text{ g anhidridă ftalică}$$

$$V_1 = 21,2 \cdot 3 \cdot 22,4 / 106 = 13,44 \text{ litri } O_2$$

$$V_2 = 21,2 \cdot 4,5 \cdot 22,4 / 128 = 16,695 \text{ litri } O_2$$

$$100 \text{ litri aer} \dots\dots\dots 20 \text{ litri } O_2 \dots\dots\dots 80 \text{ litri } N_2$$

$$Vaer1 \dots\dots\dots 13,44 \text{ litri } O_2 \dots\dots\dots ? \text{ litri } N_2$$

$$Vaer1 = 13,44 \cdot 100 / 20 = 67,2 \text{ litri aer } 20 \% O_2 \text{ necesar arderii orto-xilenului}$$

$$100 \text{ litri aer} \dots\dots\dots 20 \text{ litri } O_2 \dots\dots\dots 80 \text{ litri } N_2$$

$$Vaer2 \dots\dots\dots 16,695 \text{ litri } O_2 \dots\dots\dots ? \text{ litri } N_2$$

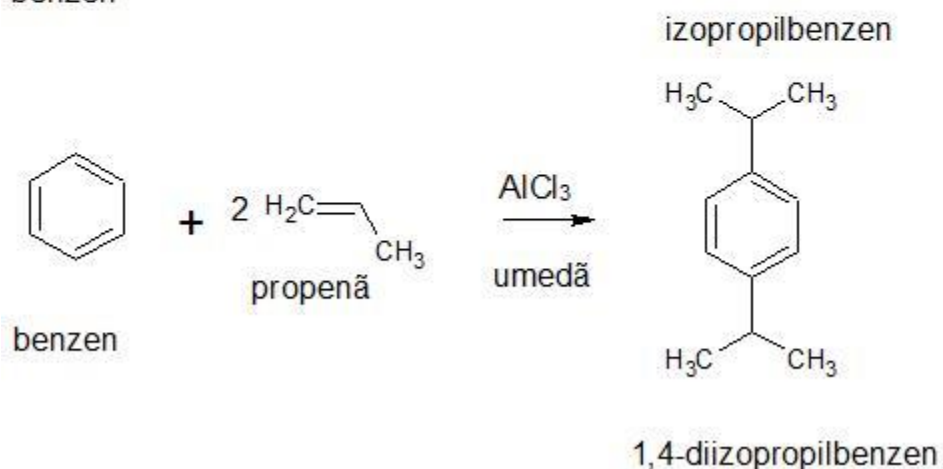
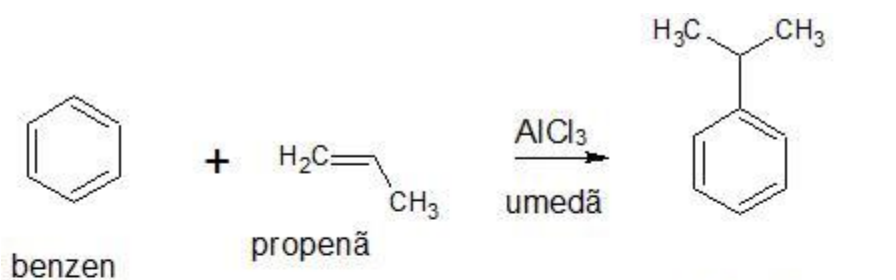
$$Vaer2 = 16,695 \cdot 100 / 20 = 83,475 \text{ litri aer } 20 \% O_2 \text{ necesar arderii naftalinei}$$

$$Vaer2 - Vaer1 = 83,475 - 67,2 = 16,275 \text{ litri aer } 20 \% O_2$$

Naftalina a folosit la oxidare un volum mai mare de aer decât orto-xilenul și anume cu 16,275 litri aer 20 % O_2 mai mult.

E.P.2.5. 5. Prin alchilarea benzenului cu propenă, în prezență de $AlCl_3$ umedă, se obține un amestec de izopropilbenzen, diizopropilbenzen și benzen nereacționat, în raport molar de 2 : 2 : 1. Calculează volumul de benzen, cu $\rho = 0,88 \text{ g/cm}^3$, necesar obținerii a 36 g izopropilbenzen.

Rezolvare:



n1 = 2 moli			(1)	2 moli
C_6H_6	+	C_3H_6	\rightarrow	$\text{C}_6\text{H}_5\text{-C}_3\text{H}_7$
benzen		propenă	AlCl_3 umedă	izopropilbenzen
1 mol				1 mol

n2 = 2 moli			(2)	2 moli
C_6H_6	+	$2\text{C}_3\text{H}_6$	\rightarrow	$\text{C}_3\text{H}_7\text{-C}_6\text{H}_4\text{-C}_3\text{H}_7$
benzen		propenă	AlCl_3 umedă	1,4-diizopropilbenzen
1 mol				1 mol

n3 = 1 mol		(3)	1 mol
C_6H_6		\rightarrow	C_6H_6
benzen			benzen nereacționat
1 mol			1 mol

Presupunem că amestecul final conține 2 moli izopropilbenzen, 2 moli diizopropilbenzen și 1 mol de benzen nereacționat.

$$n_{\text{total}} = n_1 + n_2 + n_3 = 2 + 2 + 1 = 5 \text{ moli benzen}$$

$$M \text{ C}_6\text{H}_5\text{-C}_3\text{H}_7 = 9 \cdot 12 + 12 \cdot 1 = 108 + 12 = 120 \text{ g/mol}$$

$$1 \text{ mol C}_6\text{H}_5\text{-C}_3\text{H}_7 \dots\dots\dots 120 \text{ g C}_6\text{H}_5\text{-C}_3\text{H}_7$$

$$x_1 \text{ moli C}_6\text{H}_5\text{-C}_3\text{H}_7 \dots\dots\dots 36 \text{ g C}_6\text{H}_5\text{-C}_3\text{H}_7$$

$$x_1 = 36 \cdot 1 / 120 = 0,3 \text{ moli C}_6\text{H}_5\text{-C}_3\text{H}_7$$

y1 =0,3 moli			(1)	x1 =0,3 moli
C_6H_6	+	C_3H_6	\rightarrow	$\text{C}_6\text{H}_5\text{-C}_3\text{H}_7$
benzen		propenă	AlCl_3 umedă	izopropilbenzen
1 mol				1 mol

y2 moli			(2)	x2 moli
C_6H_6	+	$2\text{C}_3\text{H}_6$	\rightarrow	$\text{C}_3\text{H}_7\text{-C}_6\text{H}_4\text{-C}_3\text{H}_7$
benzen		propenă	AlCl_3 umedă	1.4-diizopropilbenzen
1 mol				1 mol

y3 moli		(3)	x3 moli
C_6H_6		\rightarrow	C_6H_6
benzen			benzen nereacționat
1 mol			1 mol

$$5 \text{ moli} \dots\dots\dots 2 \text{ moli (1)} \dots\dots\dots 2 \text{ moli (2)} \dots\dots\dots 1 \text{ mol (3)}$$

$$(y_1 + y_2 + y_3) \dots\dots\dots y_1 \text{ moli (1)} \dots\dots\dots y_2 \text{ moli (2)} \dots\dots\dots y_3 \text{ moli (3)}$$

$$(y_1 + y_2 + y_3) \text{ moli C}_6\text{H}_6 = 5 \cdot y_1 / 2 = 5 \cdot 0,3 / 2 = 0,75 \text{ moli C}_6\text{H}_6 \text{ introdus}$$

$$M_{C_6H_6} = 6 \cdot 12 + 6 \cdot 1 = 78 \text{ g/ mol}$$

1 mol benzen.....78 g benzen

0,75 moli benzen.....m g

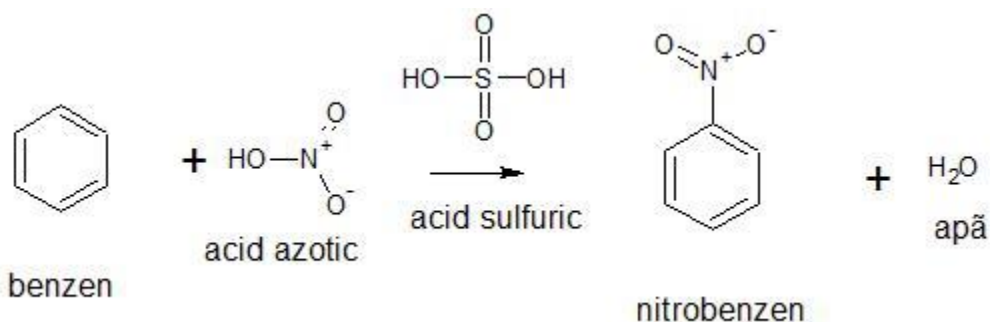
$$m = 0,75 \cdot 78 = 58,5 \text{ g benzen}$$

$$\rho = 0,88 \text{ g/cm}^3 \text{ (densitatea benzenului)}$$

$$V = m/\rho = 58,5 / 0,88 = 66,477 \text{ cm}^3 \text{ benzen}$$

E.P.2.5. 6. Se nitrează 400 g benzen de puritate 78 % cu un amestec sulfonitric în care HNO_3 și H_2SO_4 se găsesc în raport molar de 1 : 2 și care conține 5 % apă (procente de masă). Calculează masa amestecului sulfonitric necesară reacției de nitrare. Știind că amestecul sulfonitric este format din soluție de acid sulfuric și soluție de acid azotic, iar acidul sulfuric a avut concentrația procentuală masică de 98 %, calculează care a fost concentrația procentuală masică a acidului azotic din amestecul sulfonitric.

Rezolvare:



$a = 4 \cdot 78 \text{ g}$		m_{d1}				
C_6H_6	+	$HO-NO_2$	\rightarrow	$C_6H_5-NO_2$	+	H_2O
benzen		acid azotic	H_2SO_4	nitrobenzen		apă
78 g		63 g	acid sulfuric			

$$M_{C_6H_6} = 6 \cdot 12 + 6 \cdot 1 = 78 \text{ g/ mol}$$

$$M_{HNO_3} = 1 + 14 + 3 \cdot 16 = 63 \text{ g/ mol}$$

$$M \text{H}_2\text{SO}_4 = 2 \cdot 1 + 32 + 4 \cdot 16 = 98 \text{ g/ mol}$$

$$100 \text{ g benzen impur} \dots\dots\dots 78 \text{ g benzen pur} \dots\dots\dots 22 \text{ g impurități}$$

$$400 \text{ g benzen impur} \dots\dots\dots a \text{ g benzen pur} \dots\dots\dots (400 - a) \text{ g impurități}$$

$$a = 400 \cdot 78 / 100 = 4 \cdot 78 \text{ g benzen pur}$$

$$m_{d1} = 4 \cdot 78 \cdot 63 / 78 = 4 \cdot 63 \text{ g acid azotic} = 252 \text{ g acid azotic } \text{HNO}_3$$

$$n_1 = 4 \cdot 63 / 63 = 4 \text{ moli acid azotic } \text{HNO}_3$$

$$\text{raport molar } \text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4 = 1 : 2 = 4 : 8 = n_1 : n_2$$

$$n_1 = 4 \text{ moli acid azotic } \text{HNO}_3$$

$$n_2 = 8 \text{ moli acid sulfuric } \text{H}_2\text{SO}_4$$

$$m_{d2} = 8 \cdot 98 = 784 \text{ g acid sulfuric}$$

notăm cu x masa de apă din amestecul sulfonitric

$$\text{masa amestecului} = (m_{d1} + m_{d2} + x) = 252 \text{ g } \text{HNO}_3 + 784 \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4 + x \text{ g } \text{H}_2\text{O}$$

$$(252 + 784 + x) \text{ g amestec} \dots\dots\dots 252 \text{ g } \text{HNO}_3 \dots\dots\dots 784 \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4 \dots\dots\dots x \text{ g } \text{H}_2\text{O}$$

$$100 \text{ g amestec} \dots\dots\dots \% \text{HNO}_3 \dots\dots\dots \% \text{H}_2\text{SO}_4 \dots\dots\dots 5 \text{ g } \text{H}_2\text{O}$$

$$(252 + 784 + x) \cdot 5 = 100 \cdot x$$

$$(1036 + x) = 20x$$

$$1036 = 19x$$

$$x = 1036 / 19 = 54,52 \text{ g apă}$$

$$\text{masa amestecului} = (m_{d1} + m_{d2} + x) = 252 \text{ g } \text{HNO}_3 + 784 \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4 + 54,52 \text{ g } \text{H}_2\text{O}$$

masa amestecului = 1036 + 54,52 = 1090,52 g amestec sulfonitric

Bilanțul apei :

$$m_{\text{apă1}} + m_{\text{apă2}} = 54.52 \text{ g}$$

$$x = 54,52 \text{ g apă}$$

Soluția de acid sulfuric (2) :

$$m_{d2} = 784 \text{ g acid sulfuric}$$

$$m_{\text{apă2}} = ?$$

$$m_{s2} = (784 + m_{\text{apă2}}) \text{ g soluție de acid sulfuric } 98 \%$$

$$C_{p2} = 98 \% \text{ acid sulfuric}$$

100 g soluție.....98 g acid sulfuric.....2 g apă

m_{s2} g soluție.....784 g acid sulfuric..... $m_{\text{apă2}}$ g apă

$$m_{\text{apă2}} = 784 * 2 / 98 = 16 \text{ g apă se găsește în soluția de acid sulfuric } 98 \%$$

Soluția de acid azotic (1) :

$$m_{d1} = 252 \text{ g acid azotic}$$

$$m_{\text{apă1}} = ?$$

$$m_{s1} = (252 + m_{\text{apă1}}) \text{ g soluție de acid azotic de concentrație procentuală necunoscută}$$

$$C_{p1} = ? \% \text{ acid azotic}$$

Bilanțul apei :

$$m_{\text{apă1}} + m_{\text{apă2}} = 54.52 \text{ g}$$

$$m_{\text{apă1}} = 54,52 - 16 = 38,52 \text{ g apă}$$

$$100 \text{ g soluție} \dots\dots\dots C_{p1} \text{ g acid azotic} \dots\dots\dots (100 - C_{p1}) \text{ g apă}$$

$$m_{s1} \text{ g soluție} \dots\dots\dots 252 \text{ g acid azotic} \dots\dots\dots m_{\text{apă1}} \text{ g apă}$$

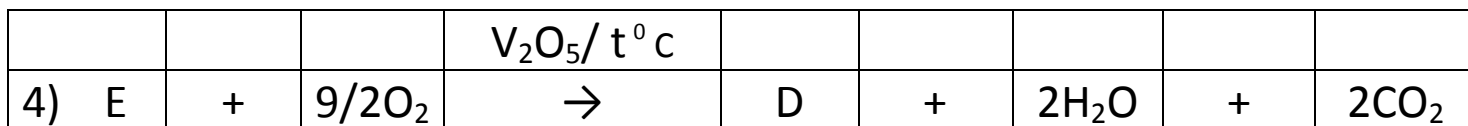
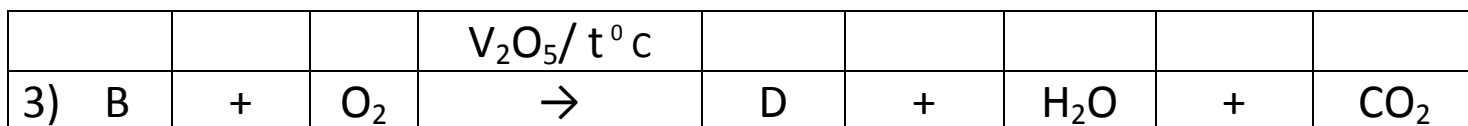
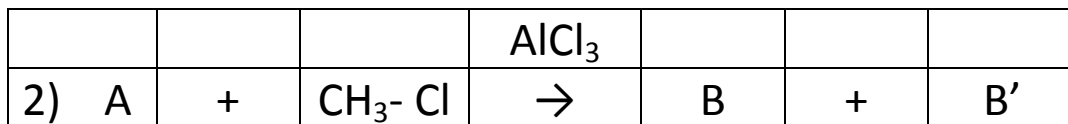
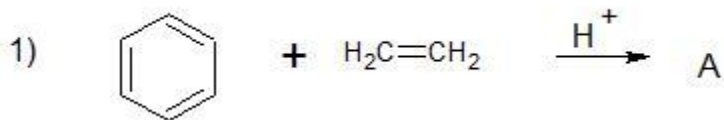
$$C_{p1} * m_{\text{apă1}} = 252 * (100 - C_{p1})$$

$$38,52 * C_{p1} = 25200 - 252 * C_{p1}$$

$$(38,52 + 252) * C_{p1} = 25200$$

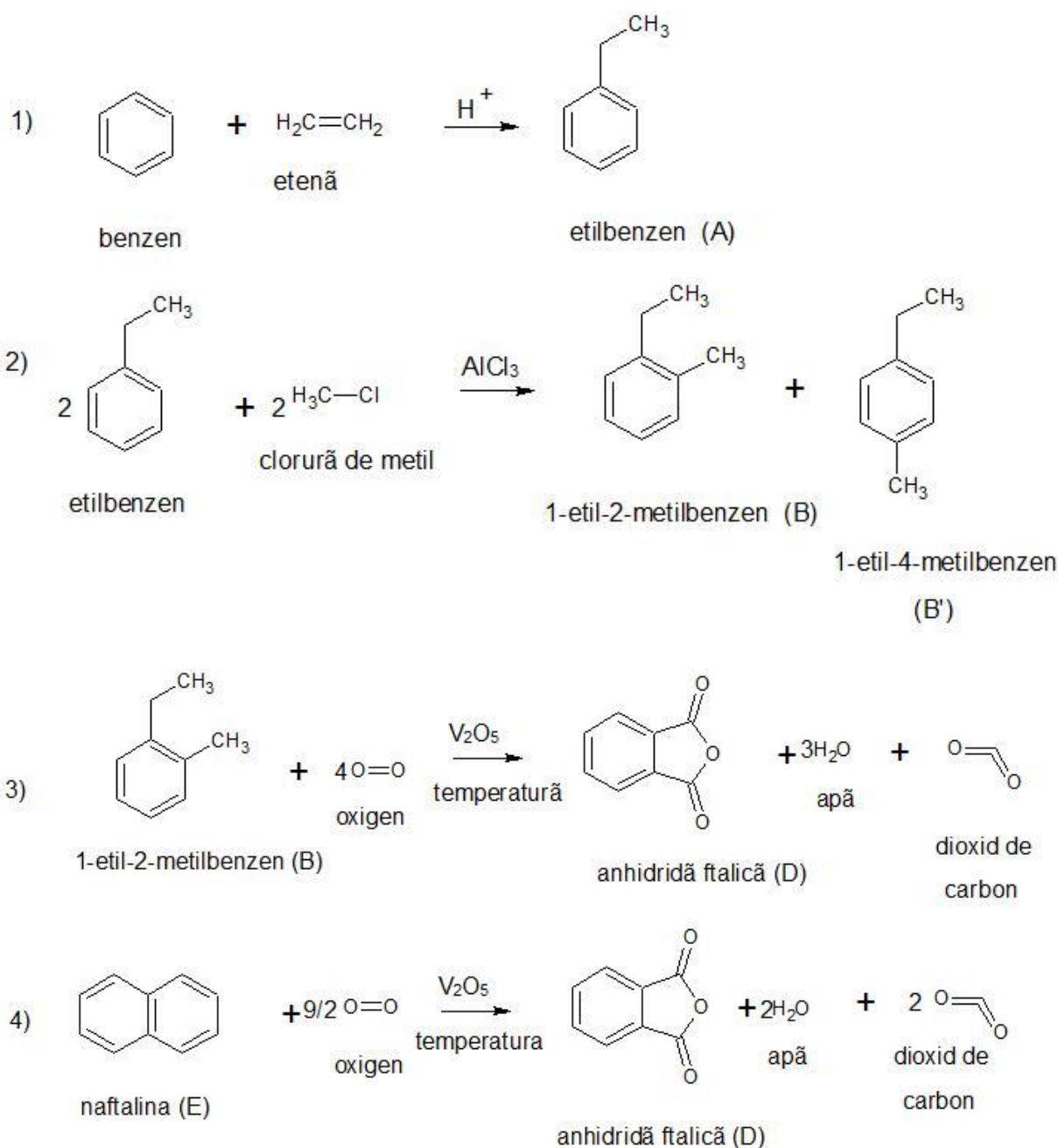
$$C_{p1} = 25200 / 290,52 = 86,74 \% \text{ acid azotic}$$

E.P.2.5. 7. Se consideră schema:



Știind că ecuația reacției chimice 4) este egalată corect, determină substanțele necunoscute A – E, denumește-le și scrie corect cele 4 ecuații ale reacțiilor chimice.

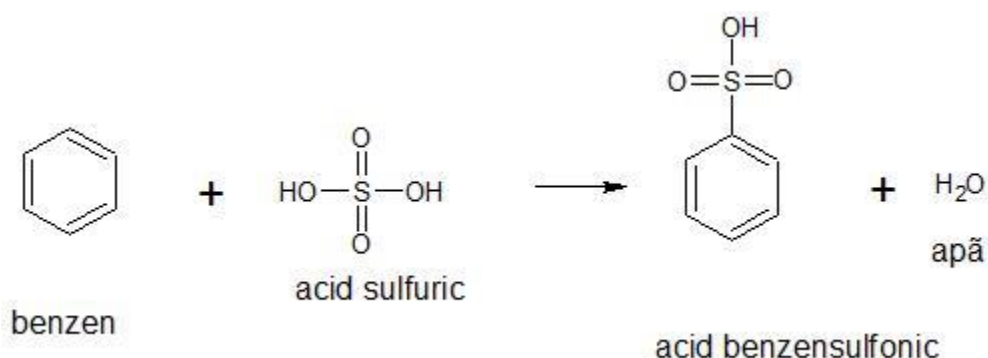
Rezolvare:



E.P.2.5. 8. 2 kg de benzen de puritate 89,7 % s-au supus sulfonării cu H_2SO_4 de concentrație 98 %. Știind că acidul sulfuric a fost în exces, iar concentrația lui procentuală în soluția finală este de 57,45 %, se cere:

- scrie ecuația reacției chimice de sulfonare a benzenului;
- calculează masa de soluție de acid sulfuric consumată în reacție;
- calculează masa de soluție de acid sulfuric introdusă în reacția de sulfonare.

Rezolvare:



a =1794 g		b g			c g	
C_6H_6	+	$HO-SO_3H$	\rightarrow	$C_6H_5-SO_3H$	+	H_2O
benzen		acid sulfuric		acid benzensulfonic		apă
78 g		98 g				18 g

$$M C_6H_6 = 6 \cdot 12 + 6 \cdot 1 = 78 \text{ g/ mol}$$

$$M H_2SO_4 = 2 \cdot 1 + 32 + 4 \cdot 16 = 98 \text{ g/ mol}$$

$$M H_2O = 2 \cdot 1 + 16 = 18 \text{ g/ mol}$$

2 kg benzen de puritate 89,7 % = 2000 g benzen de puritate 89,7 %

100 g benzen impur.....89,7 g benzen pur.....10,3 g impurități

2000 g benzen impur.....a g benzen pur.....(2000 – a) g impurități

$$a = 2000 \cdot 89,7 / 100 = 1794 \text{ g benzen pur}$$

$$b = 1794 \cdot 98 / 78 = 2254 \text{ g acid sulfuric consumat la sulfonare}$$

$$c = 1794 \cdot 18 / 78 = 414 \text{ g apă rezultată în reacție}$$

Masa soluției de acid sulfuric 98 % consumată în reacție = ?

100 g soluție.....98 g acid sulfuric

m_{sc} g soluție.....2254 g acid sulfuric

$$m_{sc} = 2254 * 100 / 98 = 2300 \text{ g soluție de acid sulfuric } 98 \% \text{ consumată în reacție}$$

Masa soluției de acid sulfuric 98 % introdusă în reacție = ?

$$m_{si} = ?$$

Notăm cu x masa de acid sulfuric în exces

100 g soluție.....98 g acid sulfuric

m_{si} g soluție.....(2254 + x) g acid sulfuric

$$100(2254 + x) = 98 * m_{si} \quad (1)$$

În reacție se obțin 414 g apă și se consumă 2254 g acid sulfuric.

Soluția finală are concentrația procentuală 57,45 % acid sulfuric

$$m_{sf} = (m_{si} + 414 - 2254) \text{ g soluție finală de acid sulfuric } 57,45 \%$$

100 g soluție finală.....57,45 g acid sulfuric

m_{sf} g sol finală.....x g acid sulfuric

$$m_{sf} = 100 * x / 57,45$$

$$(m_{si} + 414 - 2254) = 100 * x / 57,45 \quad (2)$$

Avem un sistem de două ecuații (1) și (2) cu două necunoscute, m_{si} și x:

Din prima ecuație îl scoatem pe m_{si} și îl introducem în ecuația (2) :

$$m_{si} = 100 * (2254 + x) / 98$$

$$m_{si} = 1,02 * 2254 + 1,02x$$

$$m_{si} = 2299 + 1,02x$$

$$(m_{\text{si}} + 414 - 2254) = 100 \cdot x / 57,45 \quad (2)$$

$$(2299 + 1,02x + 414 - 2254) = 1,74x$$

$$459 + 1,02x = 1,74x$$

$$459 = 0,72x$$

$$x = 637,5 \text{ g acid sulfuric în exces}$$

$$m_{\text{si}} = 2299 + 1,02x$$

$$m_{\text{si}} = 2299 + 1,02 \cdot 637,5 = 2949,25 \text{ g soluție acid sulfuric 98 \% introdusă}$$

E.P.2.5. 9. 48 g amestec de benzen și toluen, care conține 8,064 % H, se oxidează cu soluție de KMnO_4 de concentrație 0,2 M și H_2SO_4 . Se cere:

- calculează compoziția procentuală, în procente masice a amestecului de hidrocarburi aromatice;
- calculează volumul soluției de KMnO_4 consumat în reacția de oxidare.

Rezolvare:

$$M \text{ C}_6\text{H}_6 = 6 \cdot 12 + 6 \cdot 1 = 78 \text{ g/ mol}$$

$$M \text{ C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3 = 7 \cdot 12 + 8 \cdot 1 = 92 \text{ g/ mol}$$

Notăm cu x numărul de moli de benzen și cu y numărul de moli de toluen.

$$48 = 78x + 92y \quad (1)$$

Calculăm masa de hidrogen totală ($m_1 + m_2$) din amestecul de 48 g.

78 g benzen.....6 g H

78x g benzen.....m1 g H

$$m_1 = 78x \cdot 6 / 78 = 6x \text{ g H din benzen}$$

$$92 \text{ g toluen} \dots\dots\dots 8 \text{ g H}$$

$$92y \text{ g toluen} \dots\dots\dots m_2 \text{ g H}$$

$$m_2 = 92y \cdot 8 / 92 = 8y \text{ g H din toluen}$$

$$48 \text{ g amestec} \dots\dots\dots (m_1 + m_2) \text{ g H}$$

$$100 \text{ g amestec} \dots\dots\dots 8,064 \text{ g H}$$

$$(m_1 + m_2) = 48 \cdot 8,064 / 100 = 3,87 \text{ g H}$$

$$6x + 8y = 3,87 \quad (2)$$

$$48 = 78x + 92y \quad (1)$$

Avem un sistem de două ecuații (1) și (2) și două necunoscute x și y.

$$x + 4/3y = 0,645$$

$$x = 0,645 - 4 \cdot y / 3$$

$$48 = 78(0,645 - 4 \cdot y / 3) + 92y$$

$$48 = 78 \cdot 0,645 - 78 \cdot 4y / 3 + 92y$$

$$48 = 50,31 - 26 \cdot 4y + 92y$$

$$104y - 92y = 50,31 - 48$$

$$12y = 2,31$$

$$y = 2,31 / 12 = 0,1925 \text{ moli toluen}$$

$$x = 0,645 - 4 \cdot 0,1925 / 3 = 0,645 - 0,2566 = 0,3884 \text{ moli benzen}$$

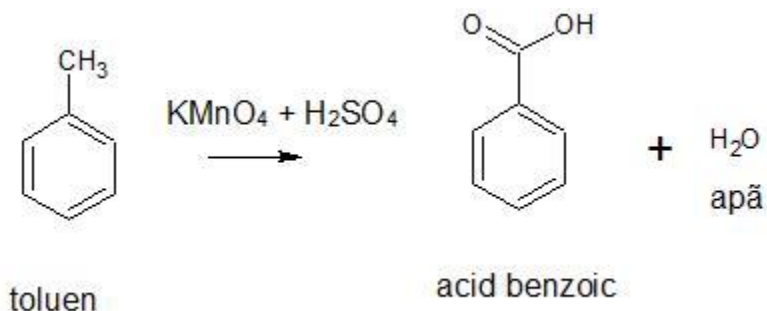
$$48 \text{ g amestec} \dots\dots\dots 78x \text{ g benzen} \dots\dots\dots 92y \text{ g toluen}$$

$$100 \text{ g amestec} \dots\dots\dots \% \text{ benzen} \dots\dots\dots \% \text{ toluen}$$

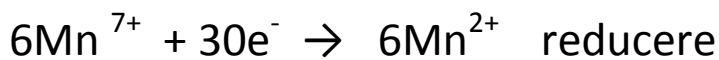
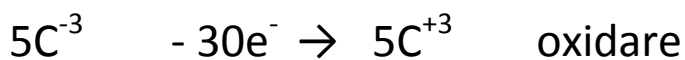
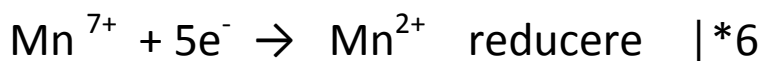
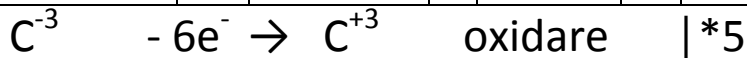
$$\% \text{ benzen} = 100 \cdot 78x / 48 = 100 \cdot 78 \cdot 0,3884 / 48 = 63,11 \% \text{ benzen}$$

$$\% \text{ toluen} = 100 \cdot 92y / 48 = 100 \cdot 92 \cdot 0,1925 / 48 = 36,89 \% \text{ toluen}$$

$$63,11 \% \text{ benzen} + 36,89 \% \text{ toluen} = 100$$



0,1925 moli		n moli										
$5C_6H_5-CH_3$	+	$6KMnO_4$	+	$9H_2SO_4$	\rightarrow	$5C_6H_5-COOH$	+	$3K_2SO_4$	+	$6MnSO_4$	+	$14H_2O$
toluen		permanganat de potasiu		acid sulfuric		acid benzoic		sulfat de potasiu		sulfat de mangan		apă
5 moli		6 moli										



Numărul de electroni cedați este întotdeauna egal cu numărul electronilor acceptați.

$$n = 6 \cdot 0,1925 / 5 = 0,231 \text{ moli } KMnO_4$$

$$1000 \text{ ml soluție} \dots \dots \dots 0,2 \text{ moli } KMnO_4$$

$$V \text{ ml soluție} \dots \dots \dots n \text{ moli } KMnO_4$$

$$V = 1000 \cdot n / 0,2 = 1000 \cdot 0,231 / 0,2 = 1155 \text{ ml soluție } KMnO_4 \text{ } 0,2 \text{ M}$$

$V = 1,155$ litri soluție KMnO_4 0,2 M.

E.P.2.5. 10. Se acilează benzenul cu o clorură acidă de forma $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}-\text{CO}-\text{Cl}$. Știind că prin acilarea masa molară a benzenului crește cu 71,8 %, se cere:

- determină clorura acidă cu care s-a realizat acilarea;
- scrie ecuația reacției chimice de acilare;
- presupunând că s-au acilat total 5 moli de benzen, calculează volumul soluției de acid clorhidric, de concentrație 1 M, care se obține prin dizolvarea în apă a acidului clorhidric rezultat din reacția de acilare.

Rezolvare:

C_6H_6	+	$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}-\text{CO}-\text{Cl}$	\rightarrow	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CO}-\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$	+	HCl
benzen		clorură acidă		acilbenzen		acid clorhidric

$$M \text{C}_6\text{H}_6 = 6 \cdot 12 + 6 \cdot 1 = 78 \text{ g/mol}$$

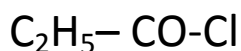
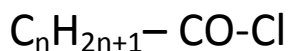
$$M \text{C}_6\text{H}_5-\text{CO}-\text{C}_n\text{H}_{2n+1} = 6 \cdot 12 + 5 \cdot 1 + 12 + 16 + 12n + 2n + 1 = (14n + 106) \text{ g acilbenzen}$$

$$78 + 78 \cdot 71,8 / 100 = (14n + 106)$$

$$78 + 56 = 14n + 106$$

$$28 = 14n$$

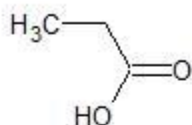
$$n = 2$$



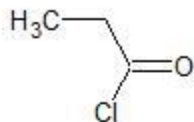
Clorură de propanoil adică clorura acidă a acidului propanoic $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COOH}$

Acizi carboxilici

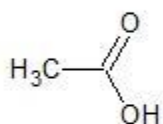
Cloruri acide



acid propanoic

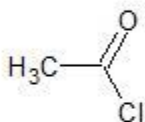


clorură de propanoil



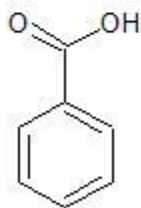
acid acetic

acid etanoic

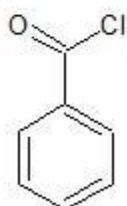


clorură de acetil

clorură de etanoil



acid benzoic



clorură de benzoil

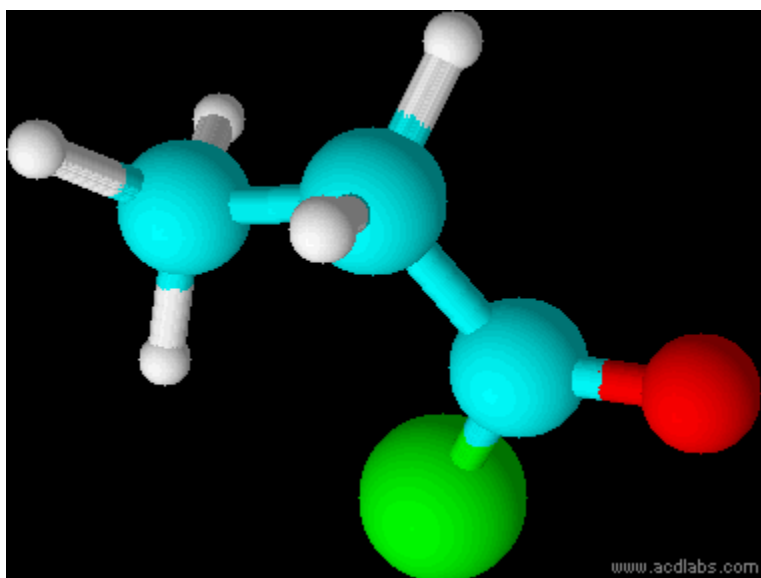
5 moli						5 moli
C_6H_6	+	C_2H_5-COCl	\rightarrow	$C_6H_5-CO-C_2H_5$	+	HCl
benzen		clorură acidă		propanoilbenzen <i>sau</i> etil-fenil-cetonă		acid clorhidric
1 mol						1 mol

1000 ml soluție1 mol HCl

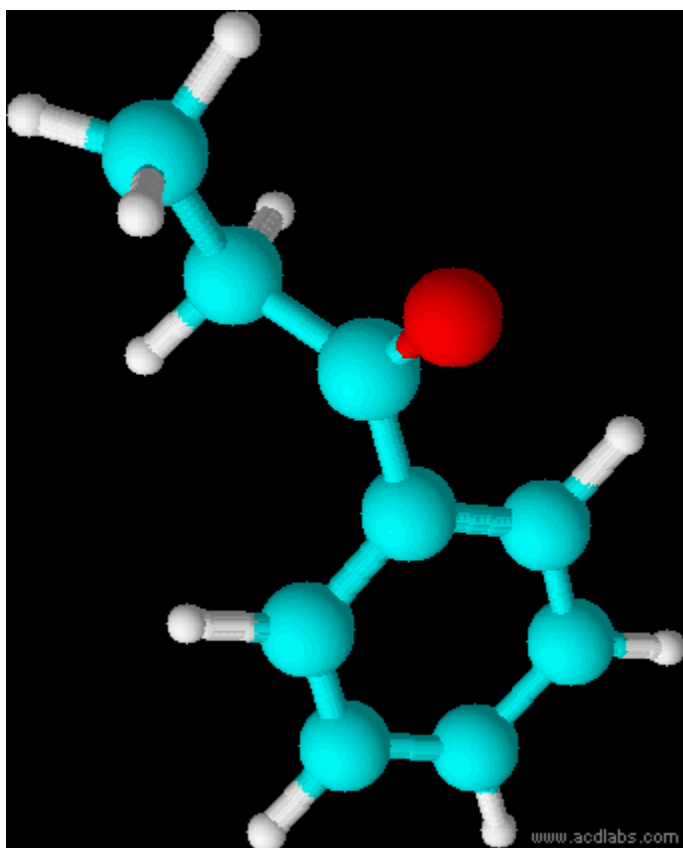
V ml soluție.....5 moli HCl

$V = 5 \cdot 1000 / 1 = 5000$ ml soluție HCl 1 M

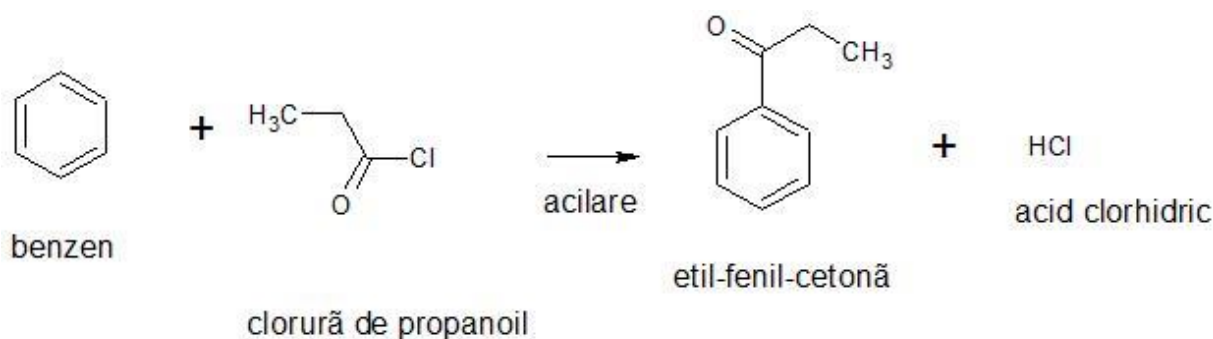
V = 5 litri soluție HCl 1 M.



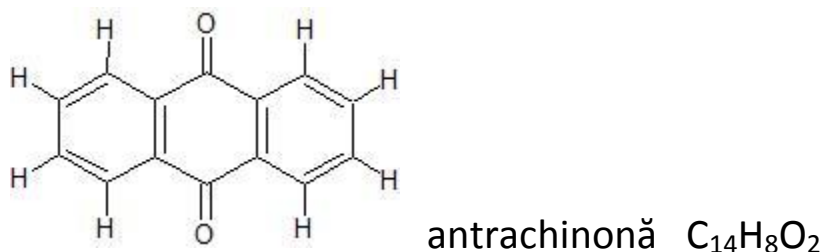
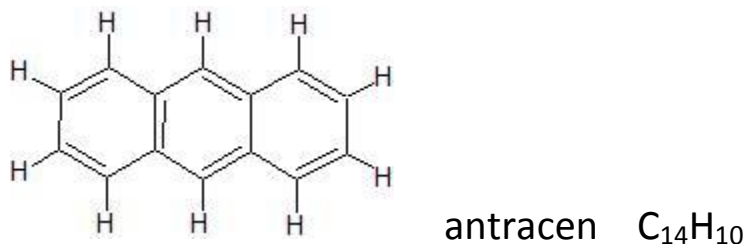
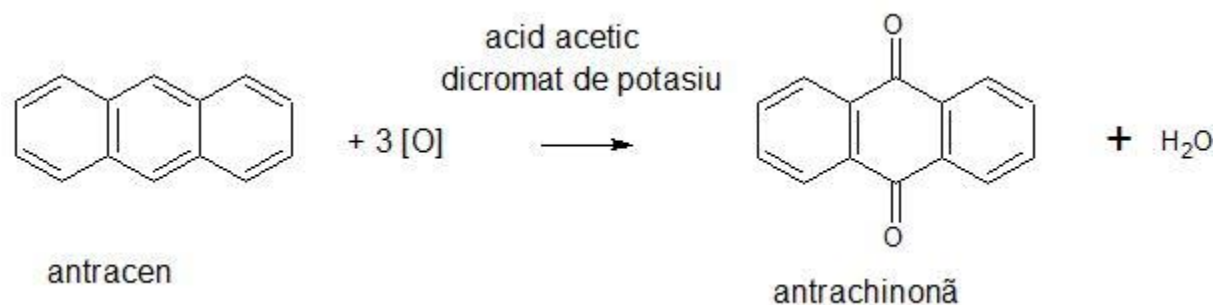
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-Cl}$ Clorură de propanoil



etil-fenil-cetonă $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CO-C}_2\text{H}_5$



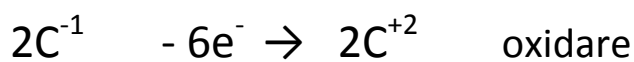
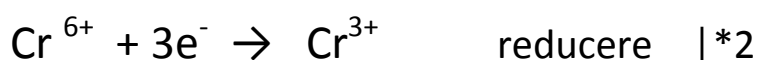
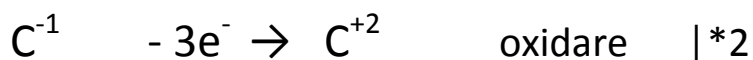
E.P.2.5. 11 Prin oxidarea a 4 kg antracen de puritate 89 % se obțin 3,12 kg antrachinonă.
Calculează randamentul reacției de oxidare și volumul soluției de $K_2Cr_2O_7$ de concentrație 0,5 M consumat în reacția de oxidare.



$$M_{C_{14}H_{10}} = 14 \cdot 12 + 10 \cdot 1 = 178 \text{ g/mol}$$

$$M_{C_{14}H_8O_2} = 14 \cdot 12 + 8 \cdot 1 + 2 \cdot 16 =$$

a=2670 g		n moli			3120 g							
$C_{14}H_{10}$	+	$K_2Cr_2O_7$	+	$8CH_3-COOH$	\rightarrow	$C_{14}H_8O_2$	+	$2CH_3-COOK$	+	$2(CH_3-COO)_3Cr$	+	$5H_2O$
antracen		dicromat de potsiu		acid acetic		antrachinonă		acetat de potasiu		acetat de crom		apă
178 g		1 mol				208 g						



Numărul de electroni cedați este întotdeauna egal cu numărul electronilor acceptați.

3,12 kg antrachinonă = 3120 g antrachinonă

$a = 178 * 3120 / 208 = 2670$ g antracen \rightarrow 3120 g antrachinonă

$$n = 3120 * 1 / 208 = 15 \text{ moli } K_2Cr_2O_7$$

1 litru soluție0,5 moli $K_2Cr_2O_7$

V litri soluție.....15 moli $K_2Cr_2O_7$

$$V = 15 * 1 / 0,5 = 30 \text{ litri soluție } K_2Cr_2O_7 \text{ } 0,5 \text{ M}$$

4 kg antracen de puritate 89 %

4kg = 4000 g antracen de puritate 89 %

100 g antracen impur.....89 g antracen pur.....11 g impurități

4000 g antracen impur.....(a + b) g antracen pur.....[4000 – (a +b)] g impurități

$$(a +b) = 4000 * 89 / 100 = 3560 \text{ g antracen}$$

$a = 2670 \text{ g antracen} \rightarrow 3120 \text{ g antrachinonă}$

$(a + b) = 3560 \text{ g antracen}$

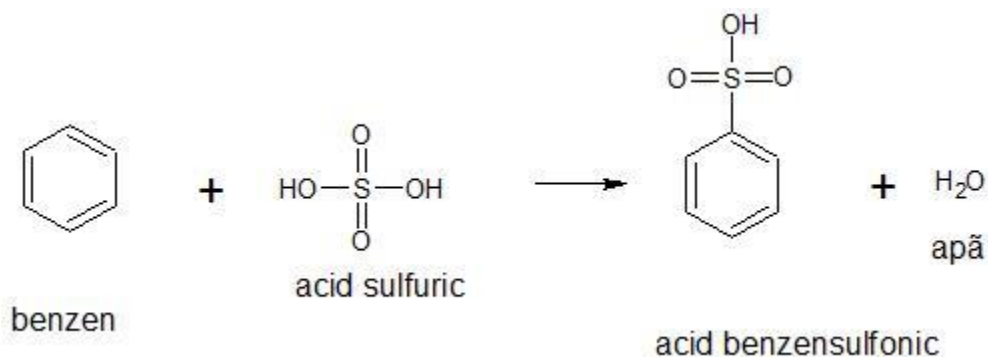
$b = 3560 - 2670 = 890 \text{ g antracen} \rightarrow 890 \text{ g antracen nereacționat}$

$\eta = a \cdot 100 / (a + b) = 2670 \cdot 100 / 3560 = 75 \%$

E.P.2.5. 12. Se sulfonează 2 moli de benzen cu 400 g soluție de acid sulfuric de concentrație 98 %.

- Calculează care din cei doi reactanți se află în exces.
- Calculează concentrația procentuală a acidului sulfuric rezidual. (H_2SO_4 în soluția finală)
- Calculează masa de acid sulfuric oleum (20 % SO_3), necesară pentru a readuce acidul sulfuric rezidual la concentrația procentuală de 98 %.

Rezolvare:



2 moli		$x = 196 \text{ g}$				$y = 36 \text{ g}$
C_6H_6	+	$\text{HO-SO}_3\text{H}$	\rightarrow	$\text{C}_6\text{H}_5\text{-SO}_3\text{H}$	+	H_2O
benzen		acid sulfuric		acid benzensulfonic		apă
1 mol		98 g				18 g

$M \text{C}_6\text{H}_6 = 6 \cdot 12 + 6 \cdot 1 = 78 \text{ g/ mol}$

$M \text{H}_2\text{SO}_4 = 2 \cdot 1 + 32 + 4 \cdot 16 = 98 \text{ g/ mol}$

$$M \text{H}_2\text{O} = 2 \cdot 1 + 16 = 18 \text{ g/ mol}$$

$$x = 2 \cdot 98 / 1 = 196 \text{ g acid sulfuric}$$

$$m_s = 400 \text{ g soluție acid sulfuric } 98 \%$$

$$C_p = 98 \% \text{ acid sulfuric}$$

$$m_d = ? \text{ g acid sulfuric}$$

$$100 \text{ g soluție} \dots\dots\dots C_p$$

$$m_s \dots\dots\dots m_d$$

$$m_d = 400 \cdot 98 / 100 = 392 \text{ g acid sulfuric}$$

Bilanțul acidului sulfuric:

$$392 \text{ g acid sulfuric} = 196 \text{ g acid sulfuric consumat} + 196 \text{ g acid sulfuric rămas (în exces)}$$

$$y = 18 \cdot 2 / 1 = 36 \text{ g apă}$$

$$m_{sr} = 400 - 196 \text{ g acid sulfuric consumat} + 36 \text{ g apă rezultată în reacție} = 240 \text{ g soluție reziduală}$$

$$m_{dr} = 196 \text{ g acid sulfuric rămas (în exces)}$$

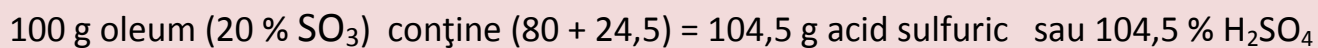
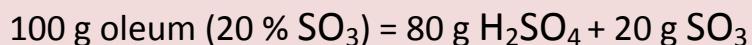
$$C_{pr} = ?$$

$$100 \text{ g soluție} \dots\dots\dots C_{pr}$$

$$m_{sr} \dots\dots\dots m_{dr}$$

$$C_{pr} = 100 \cdot 196 / 240 = 81,66 \% \text{ H}_2\text{SO}_4 \text{ rezidual}$$

$$m_{sr} = 240 \text{ g soluție reziduală}$$



20 g		4,5 g		24,5 g
SO ₃	+	H ₂ O	→	H ₂ SO ₄
trioxid de sulf		apă		acid sulfuric
80 g		18 g		98 g

$$M \text{ SO}_3 = 32 + 3 \cdot 16 = 80 \text{ g/ mol}$$

$$M \text{ H}_2\text{O} = 2 \cdot 1 + 16 = 18 \text{ g/ mol}$$

$$M \text{ H}_2\text{SO}_4 = 2 \cdot 1 + 32 + 4 \cdot 16 = 98 \text{ g/ mol}$$

$$m_{sr} = 240 \text{ g soluție reziduală}$$

$$C_{pr} = 81,66 \% \text{ H}_2\text{SO}_4 \text{ rezidual}$$

+

$$m_{so} = ? \text{ oleum}$$

$$C_{po} = 104,5 \% \text{ H}_2\text{SO}_4$$

↓

$$m_{sf} = (m_{sr} + m_{so})$$

$$C_{pf} = 98 \% \text{ H}_2\text{SO}_4$$

$$m_{sr} \cdot C_{pr} + m_{so} \cdot C_{po} = (m_{sr} + m_{so}) \cdot 98$$

$$240 \cdot 81,66 + m_{so} \cdot 104,5 = (240 + m_{so}) \cdot 98$$

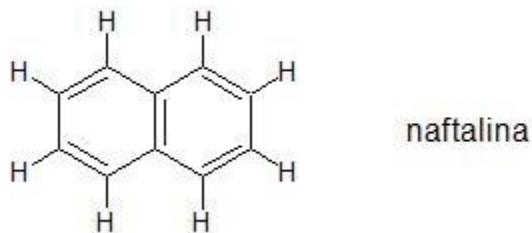
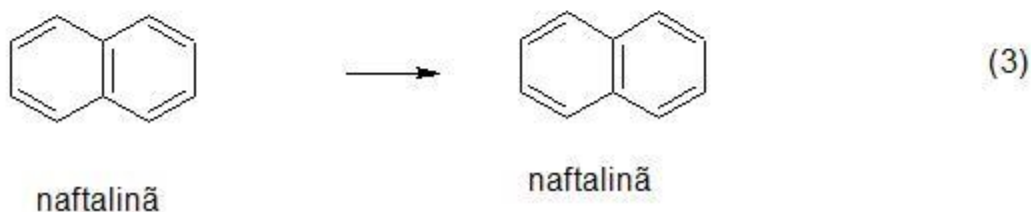
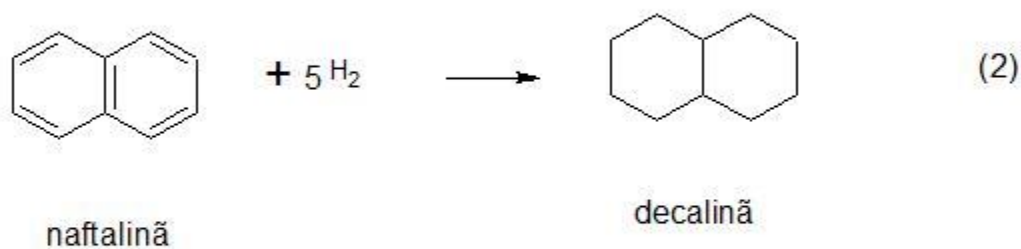
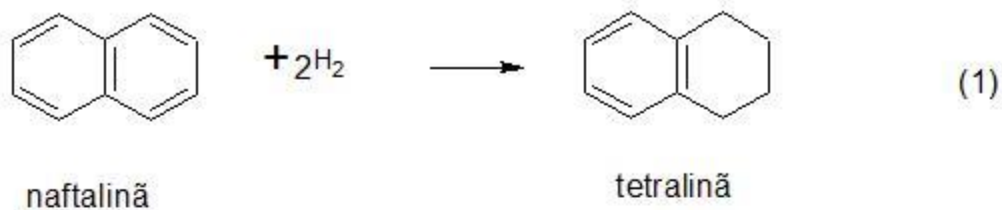
$$(104,5 - 98) \cdot m_{so} = 240(98 - 81,66)$$

$$6,5 \cdot m_{SO} = 240 \cdot 16,34$$

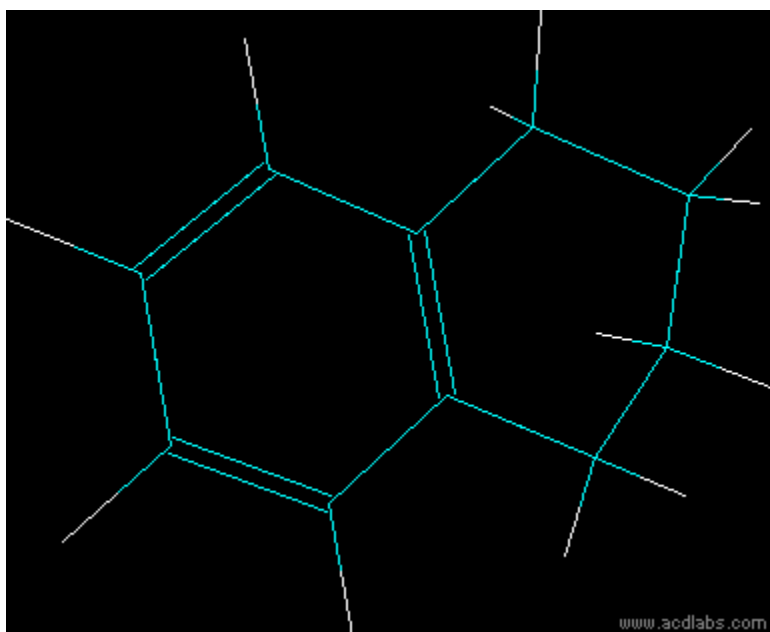
$$m_{SO} = 603,32 \text{ g oleum (20 \% SO}_3\text{)}$$

E.P.2.5. 13. Prin hidrogenarea naftalinei se obțin tetralină și decalină, în raport molar de 1 : 3. Știind ca doar 80 % din naftalina introdusă se hidrogenează, iar masa amestecului final este cu 68 g mai mare decât masa inițială a naftalinei, calculează masa de naftalină supusă hidrogenării.

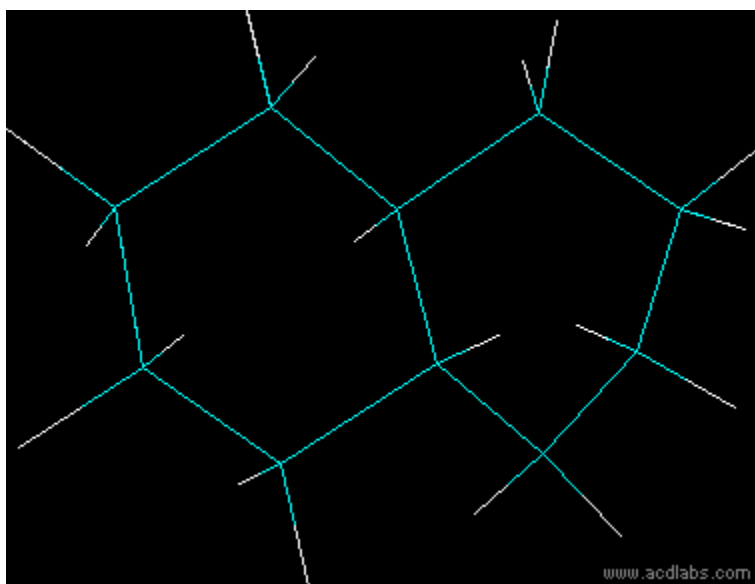
Rezolvare :



naftalina C₁₀H₈



tetralina $C_{10}H_{12}$



decalina $C_{10}H_{18}$

Raport molar tetralina : decalină = 1 : 3 = x : 3x

x moli naftalină se hidrogenează cu 2x moli H_2 → x moli tetralină

3x moli naftalină se hidrogenează cu 15x moli H_2 → 3x moli decalină

$M_{H_2} = 1 + 1 = 2 \text{ g/mol}$

(2x + 15x) moli H_2 ce cântăresc 68 g

17x moli H₂ ce cântăresc 68 g

1 mol H₂.....2 g H₂

17x moli H₂.....68 g H₂

$x = 68 \cdot 1 / 17 \cdot 2 = 2$ moli tetralină

3x = 6 moli decalină

2 moli naftalină → 2 moli tetralină (1)

6 moli naftalină → 6 moli decalină (2)

y moli naftalină → y moli naftalină nereacționată (3)

(2 + 6 + y) moli.....2moli (1).....6 moli (2).....y moli (3)

100 moli.....% (1).....% (2).....% (3)

% (1) + % (2) = 80 % din naftalina introdusă se hidrogenează

% (3) = 20 % din naftalina introdusă nu se hidrogenează

$(2 + 6 + y) \cdot 20 = 100y$

$(2 + 6 + y) = 5y$

8 = 4y

y = 2 moli naftalină nu se hidrogenează

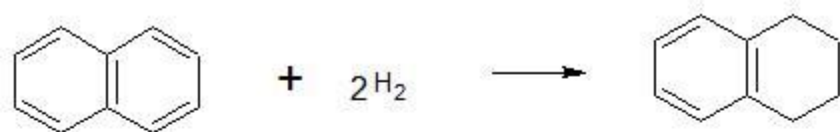
$(2 + 6 + 2) = 10$ moli naftalină introdusă

$M_{C_{10}H_8} = 10 \cdot 12 + 8 \cdot 1 = 128$ g/mol

masa de naftalină supusă hidrogenării = $10 \cdot 128 = 1280$ g naftalină

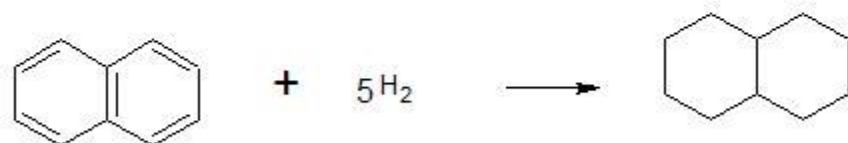
E.P.2.5. 14. La hidrogenarea totală a 89,6 g naftalină se consumă 51,52 litri H₂ măsurat în condiții normale. Calculează raportul molar decalină : tetralină obținut în urma hidrogenării.

Rezolvare :



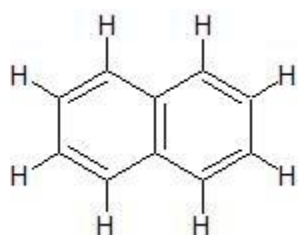
naftalină

tetralină



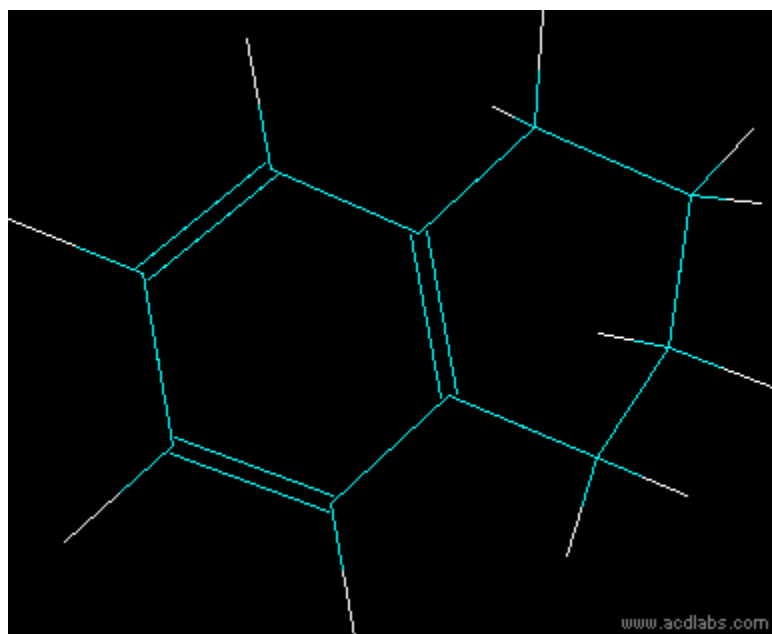
naftalină

decalină

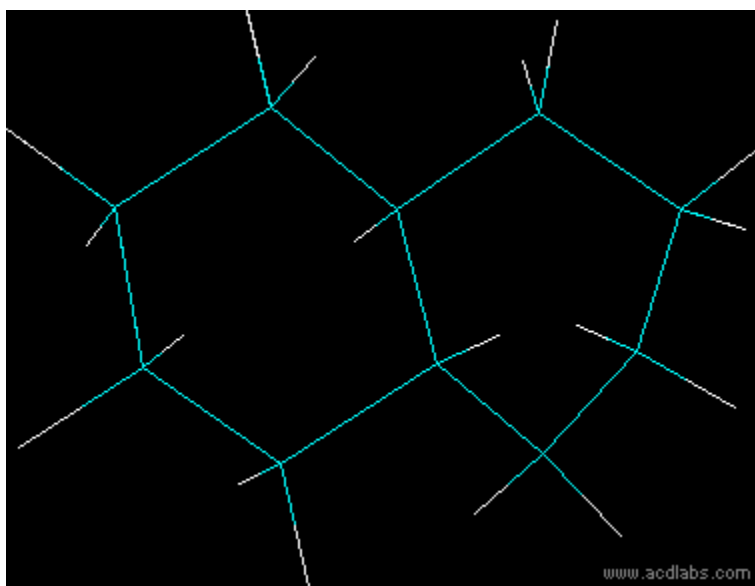


naftalina

naftalina $C_{10}H_8$



tetralina $C_{10}H_{12}$



decalina $C_{10}H_{18}$

Raport molar tetralina : decalină = x : y

x moli naftalină se hidrogenează cu 2x moli H_2 → x moli tetralină

y moli naftalină se hidrogenează cu 5y moli H_2 → 5y moli decalină

$$M_{H_2} = 1 + 1 = 2 \text{ g/mol}$$

$$M_{C_{10}H_8} = 10 \cdot 12 + 8 \cdot 1 = 128 \text{ g/mol}$$

$$V_{\text{molar}} = 22,4 \text{ litri/mol}$$

$$(x + y) \cdot 128 = 89,6$$

$$(2x + 5y) \cdot 22,4 = 51,52$$

$$x + y = 0,7$$

$$2x + 5y = 2,3$$

$$x + y = 0,7$$

$$2(x + y) + 3y = 2,3$$

$$1,4 + 3y = 2,3$$

$$3y = 0,9$$

$$y = 0,3 \text{ moli naftalină} \rightarrow 0,3 \text{ moli decalină}$$

$$x = 0,4 \text{ moli naftalină} \rightarrow 0,4 \text{ moli tetralină}$$

$$\text{raportul molar decalină : tetralină} = 0,3 : 0,4 = 3 : 4$$

E.P.2.5. 15. Prin halogenarea fotochimică a toluenului se obține un amestec format din doi derivați halogenați care conțin **28,06 % Cl** și respectiv **44,09 % Cl**. Se cere:

- Determină formulele moleculare ale celor doi derivați halogenați obținuți.
- Calculează volumul de toluen ($\rho = 0,9 \text{ g/cm}^3$) supus clorurării, știind că cei doi derivați se găsesc în rapor molar de 2 : 3, iar în urma procesului s-au degajat 224 litri HCl (c.n.).

Rezolvare:



$\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3$	+	$n\text{Cl}_2$	\rightarrow	$\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_{3-n}\text{Cl}_n$	+	$n\text{HCl}$

$$M \text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_{3-n}\text{Cl}_n = 7 \cdot 12 + 8 \cdot 1 - n \cdot 1 + 35,5 \cdot n = (92 - 34,5n) \text{ g/mol}$$

$$(92 - 34,5n) \text{ g} \dots\dots\dots 35,5n \text{ g Cl}$$

$$100 \text{ g} \dots\dots\dots \text{28,06 g Cl}$$

$$(92 - 34,5n) \cdot 28,06 = 100 \cdot 35,5n$$

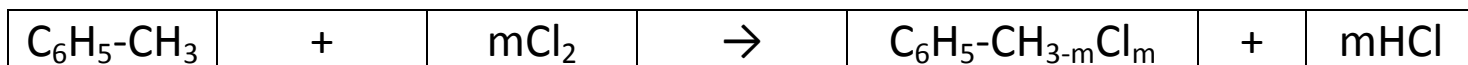
$$2581,52 = 3550n - 968,07n$$

$$2581,52 = 2581,93n$$

$$n = 1$$



$C_6H_5-CH_2Cl$ clorură de benzil ce conține 28,06 % Cl



$$M C_6H_5-CH_{3-m}Cl_m = 7 \cdot 12 + 8 \cdot 1 - m \cdot 1 + 35,5 \cdot m = (92 - 34,5m) \text{ g/mol}$$

$$(92 - 34,5m) \text{ g} \dots\dots\dots 35,5m \text{ g Cl}$$

$$100 \text{ g} \dots\dots\dots 44,09 \text{ g Cl}$$

$$(92 - 34,5m) \cdot 44,09 = 100 \cdot 35,5m$$

$$4056,28 = 3550m - 1521,105m$$

$$4056,28 = 2028,895m$$

$$m = 2$$



$C_6H_5-CHCl_2$ clorură de benziliden ce conține 44,09 % Cl

2a moli			(1)	2a moli		2a moli
$C_6H_5-CH_3$	+	Cl_2	\rightarrow	$C_6H_5-CH_2Cl$	+	HCl
toluen		clor	halogenare fotochimică	clorură de benzil		acid clorhidric
1 mol				1 mol		1 mol

3a moli			(2)	3a moli		6a moli
$C_6H_5-CH_3$	+	$2Cl_2$	\rightarrow	$C_6H_5-CHCl_2$	+	$2HCl$
toluen		clor	halogenare fotochimică	clorură de benziliden		acid clorhidric
1 mol				1 mol		2 moli

Raport molar $C_6H_5-CH_2Cl : C_6H_5-CHCl_2 = 2 : 3 = 2a : 3a$

$V_{\text{molar}} = 22,4$ litri/mol

224 litri HCl

$(2a + 6a) \cdot 22,4 = 224$

$8a = 10$

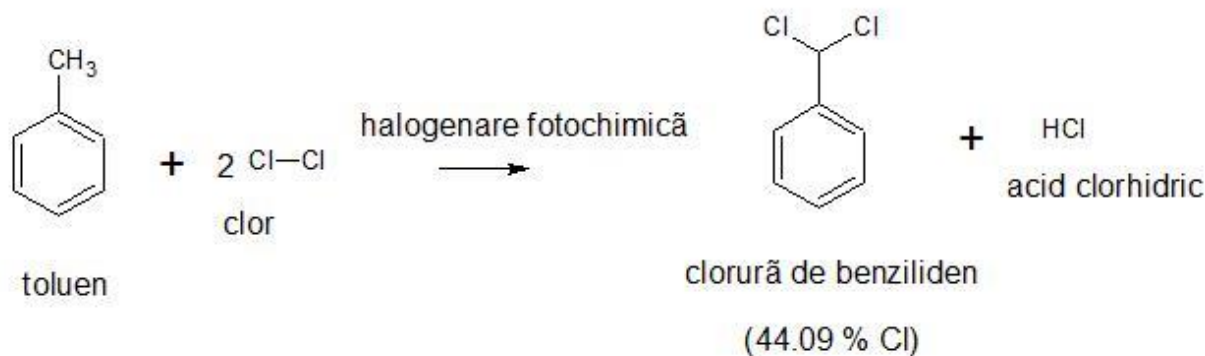
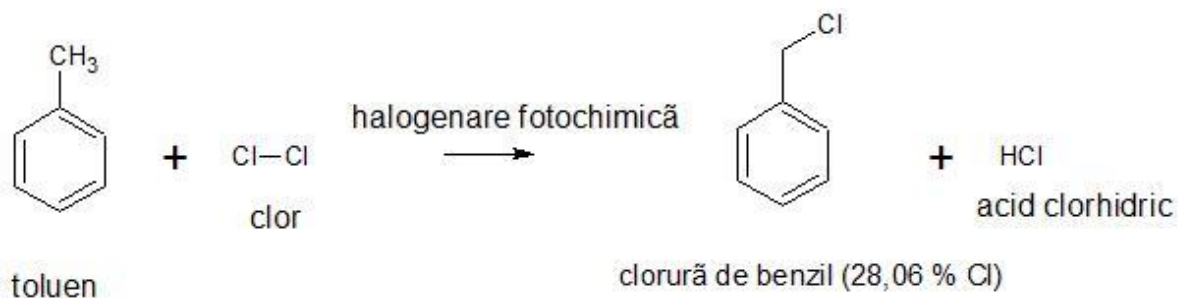
$a = 10/8 = 1,25$ moli

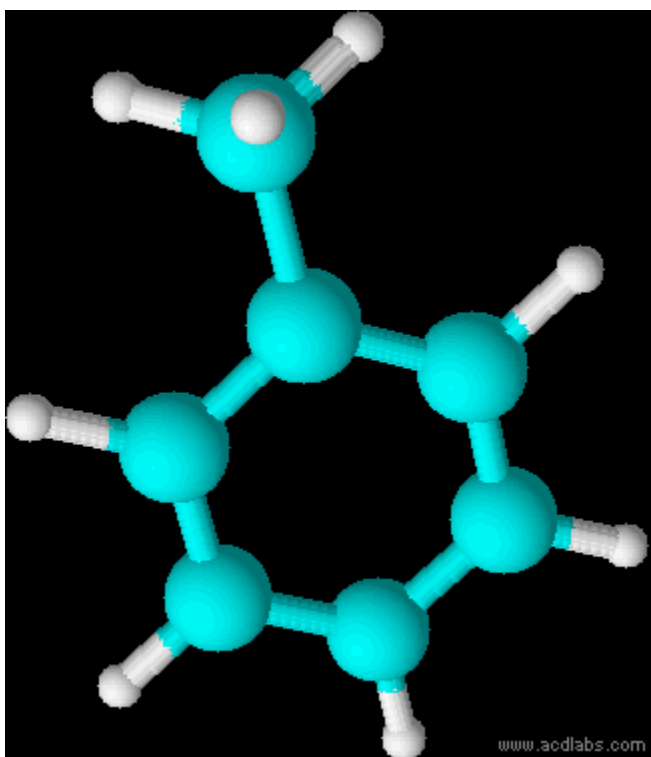
$2a + 3a = 5a$ moli toluen

$M_{C_6H_5-CH_3} = 7 \cdot 12 + 8 \cdot 1 = 92$ g/mol

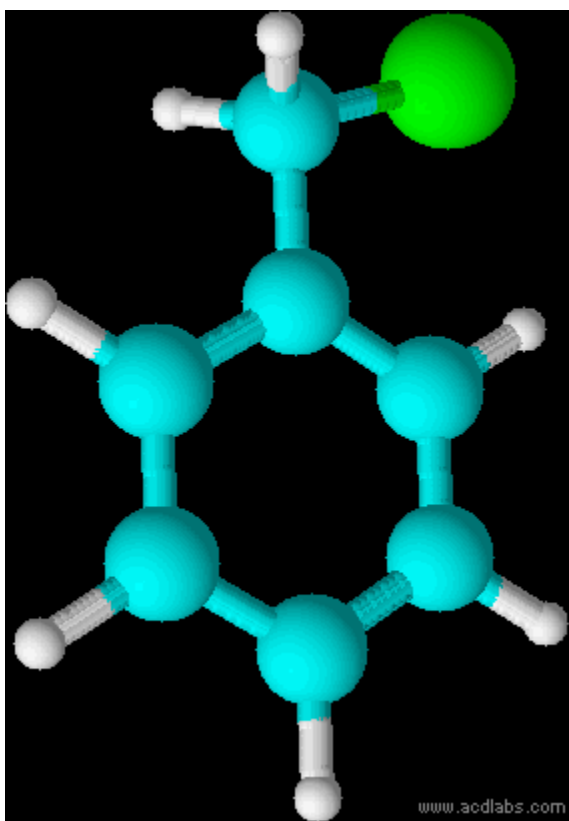
masa de toluen = $5a \cdot 92 = 5 \cdot 1,25 \cdot 92 = 575$ g toluen (cu densitatea $\rho = 0,9$ g/cm³)

$V = m/\rho = 575/0,9 = 638,88$ cm³ toluen

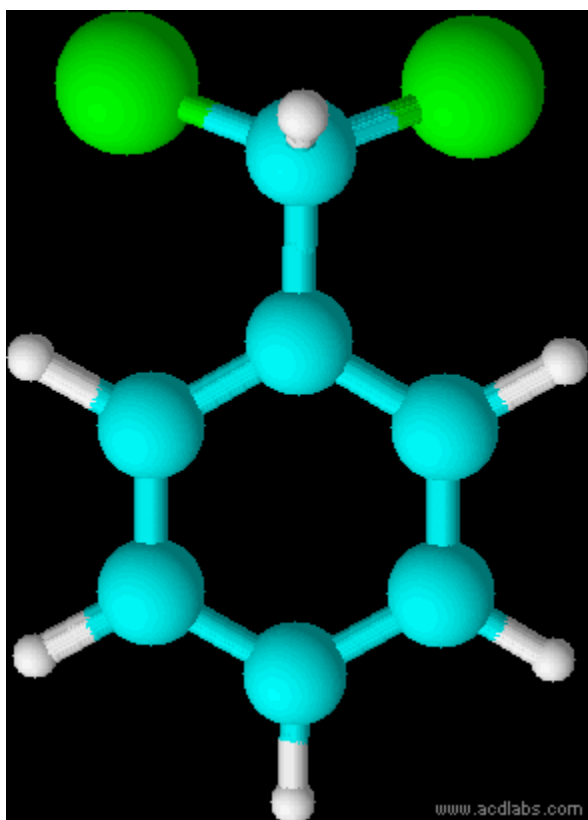




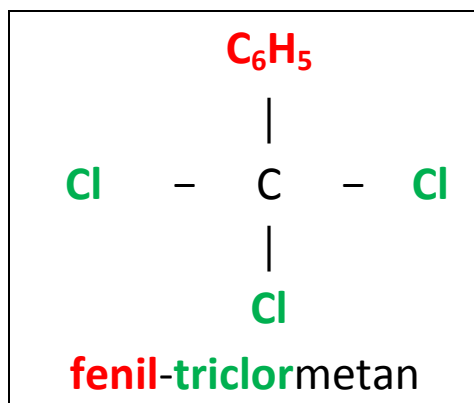
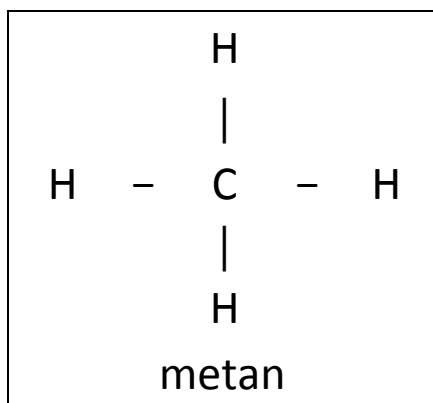
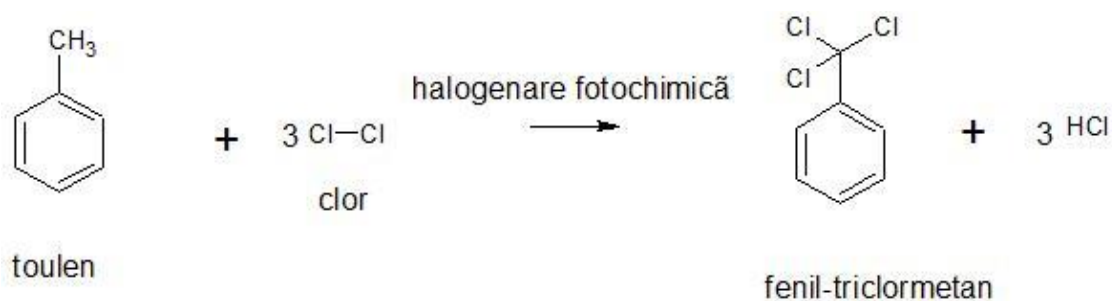
toluen $C_6H_5-CH_3$

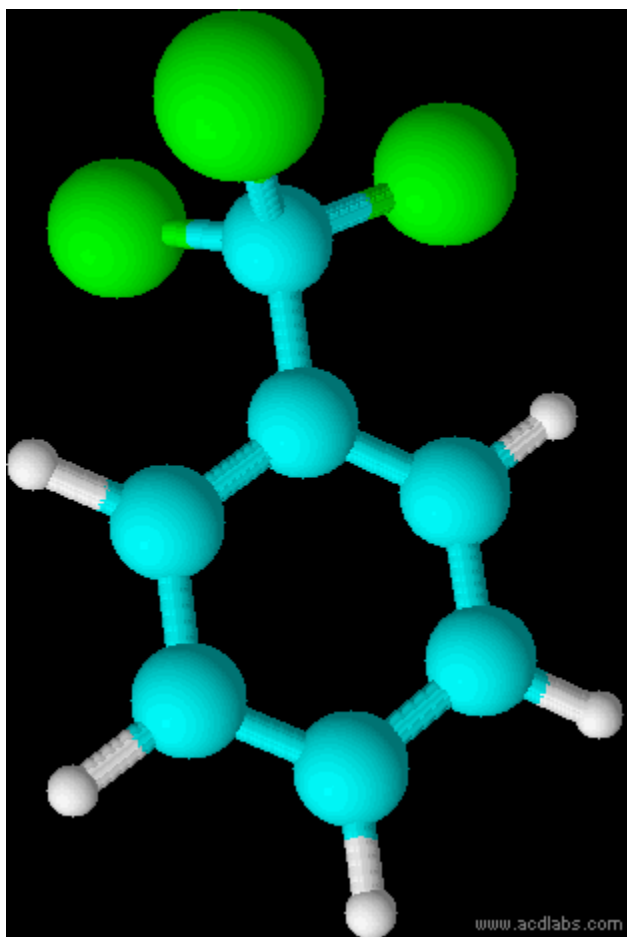


clorură de benzil $C_6H_5-CH_2Cl$



clorură de benziliden $C_6H_5-CHCl_2$





fenil-triclormetan $C_6H_5-CCl_3$