NOTATKA MATURALNA · ROZDZIAŁ 8

Alkohole, fenole, aldehydy i ketony

XIV. Hydroksylowe pochodne węglowodorów – alkohole i fenole; XV. Związki karbonylowe – aldehydy i ketony (podstawa programowa, zakres rozszerzony)

Notatka dla ucznia przygotowana do matury z chemii na poziomie rozszerzonym (podstawa programowa 2024, Dz.U. 2024 poz. 1019). Oryginalne opracowanie – nie jest materiałem Centralnej Komisji Egzaminacyjnej. Do użytku własnego ucznia.

Budowa i rzędowość

Alkohol ma grupę –OH przy atomie węgla o hybrydyzacji sp^3. **Fenol** ma grupę –OH połączoną bezpośrednio z atomem węgla pierścienia aromatycznego. Związek z grupą $-CH_2OH$ przy pierścieniu (fenylometanol) jest więc **alkoholem**, nie fenolem.

Rzędowość alkoholu to rzędowość atomu C połączonego z grupą –OH, czyli liczba atomów węgla związanych z tym atomem:

- I-rzędowy: $R–CH_2–OH$;
- II-rzędowy: $R_2CH–OH$;
- III-rzędowy: $R_3C–OH$.

Aldehyd R–CHO ma grupę karbonylową na końcu łańcucha, **keton** R–CO–R' wewnątrz łańcucha. Atom C grupy C=O ma hybrydyzację sp^2, wiązanie jest spolaryzowane. Butanal i butanon to izomery (C_4H_8O). Nazwy: końcówki *-ol*, *-al*, *-on* (niełamliwy łącznik), lokant przed końcówką (butan-2-ol, pentan-3-on).

Alkohole mono- i polihydroksylowe

O temperaturze wrzenia i rozpuszczalności decydują oddziaływania międzycząsteczkowe: van der Waalsa, dipol–dipol i **wiązania wodorowe** (potrzebny atom H przy O, N lub F). Przy zbliżonych masach molowych porównuj rodzaj i liczbę tych oddziaływań. W szeregu homologicznym temperatura wrzenia rośnie, a rozpuszczalność w wodzie maleje (rośnie część hydrofobowa).

Związek	Grupy –OH	Uwagi
etanol	1	alkohol monohydroksylowy
etano-1,2-diol (glikol etylenowy)	2	silnie toksyczny
propano-1,2-diol (glikol propylenowy)	2	cząsteczka chiralna; w żywności i kosmetykach stosuje się ten diol
propano-1,2,3-triol (glicerol)	3	duża lepkość, rozbudowana sieć wiązań wodorowych

Etano-1,2-diol wrze o ok. 100 °C wyżej niż propan-1-ol o zbliżonej masie: dwie grupy –OH tworzą więcej wiązań wodorowych *między* cząsteczkami. Aldehyd i keton nie mają H przy tlenie, więc butanal wrze niżej niż butan-1-ol.

Reakcje alkoholi (etanol jako wzór)

Reagent	Typ	Równanie
O_2	spalanie całkowite	$C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$
Na	reakcja z metalem	$2C_2H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2$
HBr (HCl)	substytucja grupy –OH	$C_2H_5OH + HBr \rightarrow C_2H_5Br + H_2O$
Al_2O_3 lub stęż. H_2SO_4, *T*	eliminacja wody	$CH_3CH_2OH \rightarrow CH_2{=}CH_2 + H_2O$
kwas karboksylowy, stęż. H_2SO_4	estryfikacja (odwracalna)	$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftarrows CH_3COOC_2H_5 + H_2O$
HNO_3 (stęż. H_2SO_4)	estryfikacja kwasem nieorganicznym	powstaje azotan(V) alkilu

Alkohole są bardzo słabymi kwasami Brønsteda: w wodzie odczyn obojętny, wskaźniki bez zmiany barwy. W eliminacji pentan-2-olu produktem głównym jest alken z większą liczbą grup alkilowych przy wiązaniu podwójnym (pent-2-en, reguła Zajcewa); mogą powstać też izomery *cis* i *trans*. W równaniach związków organicznych stosuj wzory półstrukturalne (grupowe), chyba że polecenie dopuszcza sumaryczne.

Utlenianie alkoholi

- **I-rzędowy** → aldehyd (CuO, łagodnie) → kwas karboksylowy (silny utleniacz, np. $KMnO_4/H^+$).
- **II-rzędowy** → keton.
- **III-rzędowy** – w tych warunkach nie ulega utlenieniu.

$CH_3CH_2OH + CuO \rightarrow CH_3CHO + Cu + H_2O$

$CH_3CH(OH)CH_3 + CuO \rightarrow CH_3COCH_3 + Cu + H_2O$

Obserwacje z utleniaczami podawaj z barwą przed i po reakcji:

Utleniacz	Alkohol I- lub II-rzędowy	Alkohol III-rzędowy
$K_2Cr_2O_7/H^+$	pomarańczowy roztwór → zielony (niebieskozielony)	brak zmian, pozostaje pomarańczowy
$KMnO_4/H^+$	fioletowy roztwór → bezbarwny (Mn^{2+})	brak zmian

Różnicę rzędowości sprawdzasz właśnie tak: III-rzędowy nie odbarwia utleniacza.

Bilans: $KMnO_4$ i alkohol

Utlenianie propan-1-olu do kwasu propanowego, bilans elektronowo-jonowy:

$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O \ | \times 4$

$CH_3CH_2CH_2OH + H_2O \rightarrow CH_3CH_2COOH + 4H^+ + 4e^- \ | \times 5$

$5CH_3CH_2CH_2OH + 4MnO_4^- + 12H^+ \rightarrow 5CH_3CH_2COOH + 4Mn^{2+} + 11H_2O$

Dla etanolu analogicznie: $5CH_3CH_2OH + 4MnO_4^- + 12H^+ \rightarrow 5CH_3COOH + 4Mn^{2+} + 11H_2O$. Na jedną cząsteczkę alkoholu I-rzędowego przypadają 4 elektrony, więc stosunek alkohol : MnO_4^- = 5 : 4. Sprawdź bilans atomów i ładunków (po obu stronach ładunek +8).

Z dichromianem do aldehydu: $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ (×1) oraz $CH_3CH_2OH \rightarrow CH_3CHO + 2H^+ + 2e^-$ (×3).

Odróżnianie alkoholi

- **Mono- od polihydroksylowego:** świeżo strącony $Cu(OH)_2$ (osad niebieski) w środowisku zasadowym. Alkohol z co najmniej dwiema grupami –OH przy **sąsiednich** atomach C (glikol, glicerol) roztwarza osad: klarowny roztwór o barwie szafirowej (ciemnoniebieskiej). Etanol – brak zmian, osad pozostaje.
- **III-rzędowy od I- i II-rzędowego:** zakwaszony $K_2Cr_2O_7$ lub $KMnO_4$ (patrz wyżej).
- **Fenol od alkoholu:** wodny roztwór $FeCl_3$ – z fenolem barwny związek kompleksowy (fioletowe zabarwienie), z alkoholem brak zmiany barwy. Sód nie różnicuje ich w roztworze wodnym, bo reaguje z wodą w obu probówkach.

Fenole

Fenole są słabymi kwasami, mocniejszymi od alkoholi (pierścień stabilizuje anion fenolanowy). Z NaOH reagują, alkohole nie. Wartości K_a bierz z tablic CKE: fenol $1{,}02 \cdot 10^{-10}$, kwas węglowy (I stopień) $4{,}47 \cdot 10^{-7}$, kwas benzoesowy $6{,}25 \cdot 10^{-5}$.

$2C_6H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_6H_5ONa + H_2$

$C_6H_5OH + OH^- \rightarrow C_6H_5O^- + H_2O$

$C_6H_5OH + 3HNO_3 \xrightarrow{(H_2SO_4)} C_6H_2(NO_2)_3OH + 3H_2O$

$C_6H_5OH + 3Br_2 \rightarrow C_6H_2Br_3OH + 3HBr$

- Grupa –OH aktywuje pierścień i kieruje podstawniki w położenia 2, 4, 6 (*orto*, *para*): substytucja elektrofilowa, np. 2,4,6-trinitrofenol (kwas pikrynowy). Nitro w położeniach 3 i 5 klucz nie uznaje.
- **Moc kwasów:** fenol < kwas węglowy < kwas benzoesowy. Fenol nie wypiera H_2CO_3 z $NaHCO_3$ (brak zmian), kwas benzoesowy tak: $C_6H_5COOH + HCO_3^- \rightarrow C_6H_5COO^- + CO_2 + H_2O$ (pęcherzyki gazu).
- Grupy $-NO_2$ wyciągają elektrony z pierścienia, więc trinitrofenol jest mocniejszym kwasem niż fenol.

Podgląd • Pierwsza Ławka

Otrzymywanie alkoholi i fenolu

Fenol z benzenu w trzech etapach:

1. $C_6H_6 + Cl_2 \rightarrow (FeCl_3)\ C_6H_5Cl + HCl$ (substytucja elektrofilowa);
2. $C_6H_5Cl + 2NaOH \rightarrow (T, p)\ C_6H_5ONa + NaCl + H_2O$;
3. zakwaszenie: $C_6H_5O^- + H^+ \rightarrow C_6H_5OH$.

Na 1 mol chlorobenzenu zużywa się 2 mole NaOH, bo powstały fenol jako kwas reaguje z drugim molem zasady. Zakwaszenie jest konieczne, bo mocny kwas wypiera słaby fenol z fenolanu.

Alkohol z węglowodoru: alken → fluorowcoalkan → alkohol, np. $CH_2{=}CH_2 + HBr \rightarrow CH_3CH_2Br$, potem $CH_3CH_2Br + NaOH(aq) \rightarrow CH_3CH_2OH + NaBr$ (wodny roztwór NaOH, ogrzewanie; w etanolowym roztworze KOH zachodzi eliminacja).

W ciągach przemian pilnuj, by redukcja i utlenianie grupy funkcyjnej nie zmieniały szkieletu węglowego: redukcja benzenokarboaldehydu daje fenylometanol ($C_6H_5CH_2OH$), nie fenol.

Aldehydy i ketony: próby

Próba	Odczynnik	Aldehyd	Keton
Tollensa	amoniakalny roztwór $[Ag(NH_3)_2]^+$, ogrzewanie	srebrzysty nalot (lustro) na ściankach	brak zmian
Trommera	świeżo strącony $Cu(OH)_2$ w nadmiarze NaOH, ogrzewanie	niebieski osad → ceglastoczerwony osad Cu_2O	osad czernieje (CuO)

$RCHO + 2[Ag(NH_3)_2]^+ + 3OH^- \rightarrow RCOO^- + 2Ag + 4NH_3 + 2H_2O$

$RCHO + 2Cu(OH)_2 + OH^- \rightarrow RCOO^- + Cu_2O + 3H_2O$

Aldehyd jest reduktorem, a w środowisku zasadowym powstaje anion karboksylanowy, nie kwas (w próbie Tollensa zapis z kwasem butanowym jako produktem nie jest uznawany; w Trommerze uznaje się zapis z kwasem i $2H_2O$).

Metanal jest aldehydem, więc daje obie próby. Aldehydy powstają z alkoholi I-rzędowych, ketony z II-rzędowych. Zastosowania: formalina (ok. 37% roztwór metanalu) do żywic i utrwalania preparatów, propanon (aceton) jako rozpuszczalnik. Między cząsteczkami propanonu nie tworzą się wiązania wodorowe.

Obliczenia: stosunki molowe

Reakcja	Stosunek molowy
alkohol + Na → H_2	2 mol grup –OH : 1 mol H_2 (fenol też)
fenol + NaOH	1 : 1 (alkohol nie reaguje)
aldehyd → Ag (Tollens)	1 : 2
aldehyd → Cu_2O (Trommer)	1 : 1
alkohol : MnO_4^- (do kwasu)	5 : 4
fenol → 2,4,6-trinitrofenol	1 : 1, wydajność uwzględnij raz

Masy molowe bierz z tablic CKE, np. $M(Cu_2O) = 143{,}10\ g{\cdot}mol^{-1}$, $M(Ag) = 107{,}87\ g{\cdot}mol^{-1}$, $M(C_6H_5OH) = 94{,}11\ g{\cdot}mol^{-1}$; objętość molowa gazu w warunkach normalnych $22{,}41\ dm^3{\cdot}mol^{-1}$. Wynik podawaj z jednostką i z dokładnością z polecenia.

Mieszanina etanolu i fenolu: z NaOH reaguje tylko fenol (policz jego liczbę moli), z sodem oba składniki. Zawartość składnika w mieszaninie to masa składnika podzielona przez masę próbki.

Podgląd • Pierwsza Ławka

CO JESZCZE JEST W ŚRODKU

Notatki do matury z chemii (poziom rozszerzony) – rozdział 8: Alkohole, fenole, aldehydy i ketony, dla ucznia

Podgląd pokazał 3 z 4 stron. Pełna wersja: 4 stron A4, PDF do druku.

- Budowa i rzędowość
- Alkohole mono- i polihydroksylowe
- Reakcje alkoholi (etanol jako wzór)
- Utlenianie alkoholi
- Bilans: KMnO< sub >4< /sub > i alkohol
- Odróżnianie alkoholi
- Fenole
- Otrzymywanie alkoholi i fenolu
- Aldehydy i ketony: próby
- Obliczenia: stosunki molowe
- ramka „Słowa kluczowe z zasad oceniania” – czego wymaga klucz CKE przy poleceniach z tego działu,
- ramka „Najczęstsze błędy na maturze” – tak traci się punkty i tak jest dobrze,
- ramka „Zapamiętaj” – reguły i skróty do szybkiej powtórki.

Kup pełną wersję – plik od razu na e-mail

pierwszalawka.pl/material/chemia-matura-notatka-rozdzial-08-alkohole-fenole-aldehydy-ketony