



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

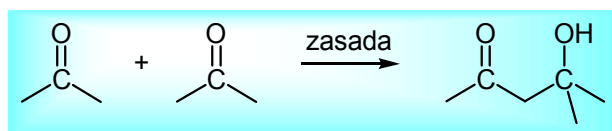
ZADANIE 7A



ALKOHOL DIACETONOWY

BADANIE KINETYKI DIMERYZACJI ACETONU PRZY POMOCY CHROMATOGRAFII GAZOWEJ

Reakcja tworzenia wiązania węgiel-węgiel w reakcji kondensacji aldolowej¹ [1-3] jest jedną z najważniejszych w przyrodzie i, co za tym idzie, również w syntezie organicznej. Kondensacja aldolowa zachodzi w łagodnych warunkach, również w środowisku wodnym. Ogólny schemat kondensacji aldolowej jest przedstawiony na Schemacie 1.²



Schem. 1. Ogólny schemat reakcji aldolowej.

Pomimo pozornej prostoty przedstawiona reakcja pozwala otrzymać, w zależności od doboru substratów, od jednego do czterech produktów. Ulegają jej związki karbonylowe (aldehydy i ketony). W reakcji powstaje (na ogół) przynajmniej jedno nowe centrum stereogenne, a więc uwzględniając stereoizomerię – maksymalna możliwa liczba produktów jeszcze rośnie. Przy udziale odpowiednich enzymów – aldolaz, co na ogół ma miejsce w organizmach żywych, możliwe jest uzyskanie produktów w postaci czystych enancjomerów lub diastereoizomerów.

Rozważania z powyższego akapitu można zilustrować na podstawie reakcji dwóch aldehydów: octowego i propionowego (etanal i propanal). Schemat reakcji z narysowanymi wzorami szkieletowymi wszystkich produktów przedstawia Schemat 2.

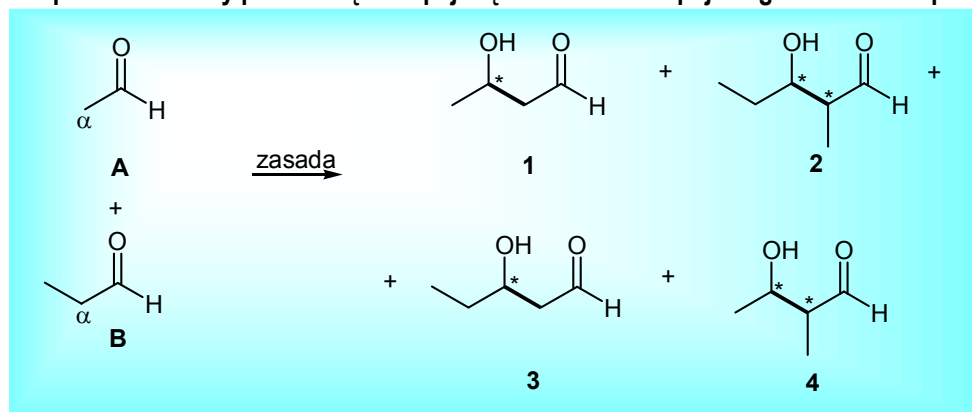
Nowo powstające wiązania węgiel-węgiel są pogrubione, a powstające centra stereogenne zaznaczone gwiazdkami. Zarówno aldehyd octowy (oznaczony na Schemacie 2 jako substrat **A**), jak i aldehyd propionowy (substrat **B**), posiadają atomy wodoru przy atomie węgla sąsiednim do karbonylowego, czyli atomie węgla α . Obecność przynajmniej jednego atomu wodoru α w cząsteczce **przynajmniej jednego substratu** jest niezbędna do przebiegu kondensacji aldolowej.

¹ Nazwa *kondensacja* jest używana ze względów historycznych. W reakcjach kondensacji wydzielają się cząsteczki produktu ubocznego (np. wody), co w tym przypadku nie ma miejsca.

² Reakcja aldolowa może być również katalizowana przez *kwasy*.



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Schem. 2. Możliwe produkty kondensacji aldolowej aldehydów octowego i propionowego.

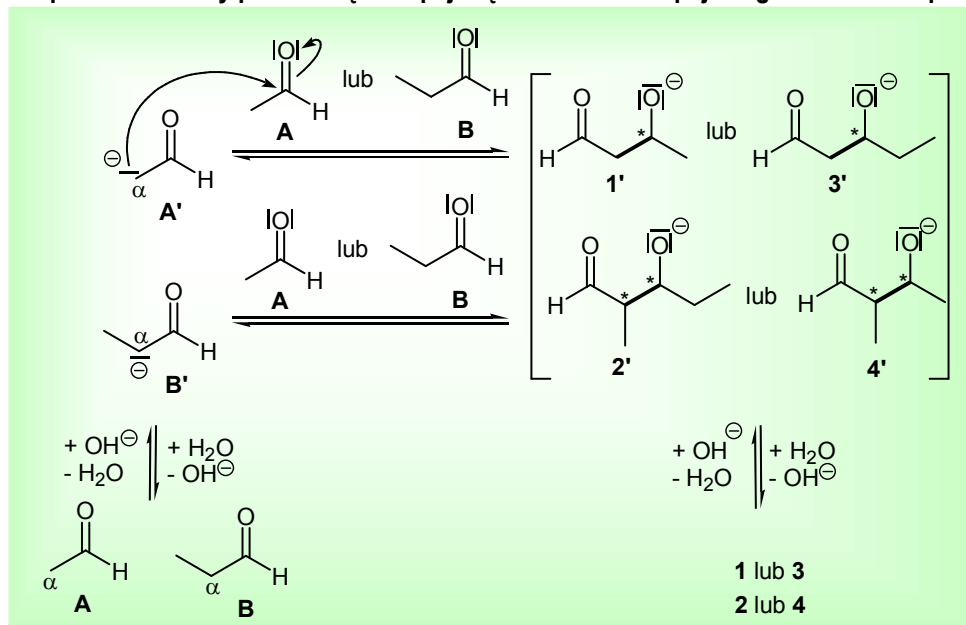
Jak już wspomniano wcześniej, jeżeli oba substraty posiadają atomy wodoru α – mogą powstać cztery różne produkty. Dwa z nich (w omawianym przypadku **1** i **2**) to produkty **samokondensacji**, odpowiednio: aldehydu octowego i aldehydu propionowego, natomiast **3** i **4** stanowią produkty **krzyżowej (mieszanej) kondensacji aldolowej**. Kiedy tylko jeden z substratów posiada atomy wodoru α , mogą powstać maksymalnie dwa produkty (jeden produkt samokondensacji i jeden produkt krzyżowej kondensacji aldolowej). Kiedy żaden z substratów nie posiada atomów wodoru α – reakcja nie zachodzi. (W przypadku aldehydów w obecności **stężonej** zasady zachodzi inna reakcja – **reakcja Canizzaro**). Cały czas pamiętać należy, że w opisywanych reakcjach na ogół powstają nowe centra stereogenne (jak widać w przypadku produktów **2** i **4** – nawet więcej niż jedno), co powoduje, że produkty (w przypadku reakcji optycznie nieczynnych substratów w achiralnym środowisku) występują w postaci mieszanin racemicznych enancjomerów lub diastereoizomerów.

Przejdźmy teraz do opisu mechanizmu reakcji kondensacji aldolowej, nadal na przykładzie mieszaniny aldehydu octowego i propionowego – poddanej działaniu roztworu zasady (na przykład rozcieńczonego roztworu zasady sodowej). Mechanizm ten jest przedstawiony na Schemacie 3.

W pierwszym etapie reakcji jon wodorotlenowy pochodzący z dysocjacji zasady sodowej odrywa jeden z protonów przy atomie węgla α związku karbonylowego. Może się to stać zarówno w przypadku cząsteczek aldehydu octowego, jak i propionowego. Powstają odpowiednie karboaniony (**jony enolanowe**) **A'** i **B'**, stabilizowane przez rezonans. Ta stabilizacja jest przyczyną dla której związki karbonylowe są zdolne do oddania protonu α , a więc zachowywania się jak słabe kwasy (**CH-kwasy**). Trzeba sobie zdawać sprawę, że są to kwasy bardzo słabe, a więc jedynie bardzo niewielki procent cząsteczek związków karbonylowych obecnych w roztworze ulega temu procesowi.



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Schem. 3. Mechanizm reakcji aldolowej katalizowanej zasadą (poprzez jon enolanowy).

Wobec tego, że większość cząsteczek aldehydów obecnych w roztworze nadal pozostaje w postaci obojętnych cząsteczek związków karbonylowych, mogą one ulegać **atakowi nukleofilowemu** powstałych wcześniej jonów enolanowych. W efekcie powstają cząsteczki produktów w postaci jonów alkoksylowych **1'-4'**. Są to zasady silniejsze od jonów enolanowych, bowiem nie są stabilizowane przez rezonans. Odrywają one protony od cząsteczek obecnych w roztworze (na przykład cząsteczek wody), tworząc obojętne cząsteczki produktów **1-4** i odtwarzając jony wodorotlenowe, będące katalizatorem reakcji. Wszystkie etapy kondensacji aldolowej są odwracalne. W przypadku aldehydów równowaga reakcji jest przesunięta na stronę produktów. W przypadku ketonów, które są mniej reaktywne, jedynie mała część substratów ulega przemianom do produktów kondensacji. W przypadku acetonu w stanie równowagi reakcji jedynie około 1 % cząsteczek występuje w postaci dimeru. W jaki sposób można przesunąć tę równowagę?

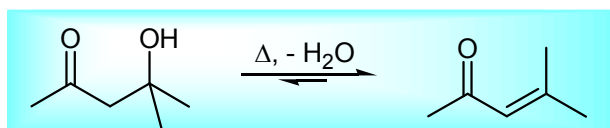
W zestawie doświadczalnym w prezentowanym ćwiczeniu reakcja zachodzi wyłącznie w aparacie Soxhleta, podczas kontaktu acetonu z $\text{Ca}(\text{OH})_2$ znajdującym się w gilzie. Jest to przykład reakcji dwufazowej (heterogenicznej) w układzie ciecz-ciało stałe. Jak już powiedziano wcześniej, w stanie równowagi jedynie mała część acetonu ulega przekształceniu do dimeru (alkoholu diacetonowego). W trakcie opróżniania aparatu Soxhleta przez przelew do kolby spływa mieszanina acetonu i alkoholu diacetonowego.

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Podczas ogrzewania z kolby paruje jednak tylko aceton (różnica t. wrz. substratu i produktu wynosi ok. 100 °C). Tak więc przy każdym kolejnym napełnieniu aparatu Soxhleta tylko substrat ma kontakt z katalizatorem, a kolejne porcje produktu gromadzą się w kolbie. W efekcie równowagę reakcji można po odpowiednio długim czasie przesunąć niemal całkowicie na prawo.

Innym stosowanym katalizatorem w reakcjach opisywanego typu jest $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Jako silniejsza zasada nadaje się do tego celu nawet lepiej niż $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Wodorotlenek baru jest jednak silnie trujący i dużo droższy niż wodorotlenek wapnia (wapno gaszone).

Reakcja aldolowa nie zawsze kończy się na etapie β -hydroksyaldehydu lub β -hydroksyketonu (aldolu). Możliwa jest ich dehydratacja, która prowadzi do związków α,β -nienasyconych. Są one ważnymi substratami w syntezie organicznej, na przykład w reakcjach addycji sprzężonej (Michaela). W przypadku alkoholu diacetonowego dehydratacja zachodzi w pewnym stopniu pod wpływem ogrzewania kolby przyłączonej do aparatu Soxhleta. Powstaje w ten sposób mała ilość **tlenku mezytylu** (4-metylopent-3-en-2-onu), co jest przedstawione na Schemacie 4.



Schem. 4. Równanie reakcji dehydratacji alkoholu diacetonowego do tlenku mezytylu.

Eksperymenty fizykochemiczne – określenie rzędu reakcji aldolowej acetonu

Istnieje wiele metod określania stopnia postępu reakcji. W preparatyce organicznej najczęściej używa się do tego celu chromatografii cienkowarstwowej (TLC). Chociaż szybka, tania i niekłopotliwa, jest to jednak metoda tylko jakościowa. Jako metoda ilościowa, pozwalająca otrzymać dane potrzebne na przykład do wyliczenia rzędu reakcji może służyć chromatografia gazowa.

W chromatografii gazowej mała ilość (rzędu 1 μl) ciekłej mieszaniny odparowuje w komorze nastrzykowej i jest wprowadzana na kolumnę w strumieniu gazu nośnego (helu). Na kolumnie kapilarnej pokrytej fazą ciekłą o bardzo dużej lepkości następuje podział badanej próbki na składniki.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Kolejne składniki próbki docierają do analizatora, którym może być na przykład płomieniowy detektor indukcyjny (FID). Poszczególne składniki próbki spalając się w płomieniu wodorowym tworzą niskotemperaturową plazmę o pewnym przewodnictwie elektrycznym. Sygnał na chromatogramie odpowiada przewodnictwu tej plazmy w danym momencie.

Sygnał ten **nie jest** proporcjonalny ani do masy, ani do liczby moli substancji w danej frakcji docierającej do analizatora. Można więc tylko porównywać zmianę sygnału pochodzącego od **tej samej substancji** wraz z upływem czasu. Może to być alkohol diacetonowy. Na podstawie przyrostu jego stężenia w kolbie można w przybliżeniu określić rząd reakcji dimeryzacji acetonu [4-5].

Wychodząc z ogólnego równania kinetycznego (1)

$$\frac{dc}{dt} = kc^n \quad (1)$$

gdzie dc oznacza przyrost stężenia c produktu w czasie dt , k oznacza stałą szybkości reakcji, a n rząd reakcji, otrzymany po scałkowaniu dla najprostszych przypadków $n = 0, 1, 2$:

$$c_2 - c_1 = k(t_2 - t_1) \quad \text{dla } n = 0 \quad (2a)$$

$$\ln c_2 - \ln c_1 = k(t_2 - t_1) \quad \text{dla } n = 1 \quad (2b)$$

$$c_1^{-1} - c_2^{-1} = k(t_2 - t_1) \quad \text{dla } n = 2 \quad (2c)$$

gdzie c_1 i c_2 oznaczają stężenia produktu w chwili t_1 i t_2 .

Wykorzystując równania (2a-c) można, pod pewnymi warunkami, wyznaczyć rząd reakcji, rysując zależności $c(t)$, $\ln c(t)$ i $c^{-1}(t)$. Jeśli zależność $c(t)$ jest liniowa, reakcja jest rzędu 0 (zerowego); jeżeli zależność $\ln c(t)$ okaże się liniowa – reakcja jest rzędu pierwszego; a w przypadku liniowej zależności $c^{-1}(t)$ – rzędu drugiego.

Założenia i uwagi:

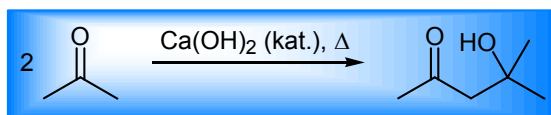
1. Na ogół rząd reakcji określa się na podstawie *ubytku* substratu. W naszym przypadku jest to niemożliwe z dwóch względów:



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

- reakcja zachodzi tylko w gilzie aparatu Soxhleta, gdzie przez cały czas trafia *czysty* aceton – to, ile acetonu znajduje się jeszcze w dolnej kolbie i jakie jest jego stężenie, nie ma znaczenia dla przebiegu reakcji;
 - stężenie acetonu w dolnej kolbie przez długi czas jest zbyt duże dla dokonania pomiaru – wielkość sygnału przekracza zakres rejestracji aparatu.
2. Zaniedbujemy różnice w gęstościach substratu i produktu oraz zmianę objętości całej mieszaniny, wywołaną przebiegiem reakcji, co wpływa na stężenie produktu.

Część doświadczalna



Schemat 5. Schemat reakcji aldolowej acetonu.

1) Alkohol diacetonowy (4-hydroksy-4-metylopentan-2-on)

Przed rozpoczęciem wykonywania ćwiczenia student powinien się zapoznać z rozdziałami „Ekstrakcja” i „Destylacja” [6]. Schemat układu reakcyjnego przedstawia Rys. 1 [7,8].

Odczynniki:

Ca(OH)_2 ^P 30 g
aceton ^D 250 cm³

UWAGA: Wodorotlenek wapnia jest związkem żrącym, należy pracować w rękawicach ochronnych.

^D - dostępne pod dyktando; ^P - pobrać z przygotowania

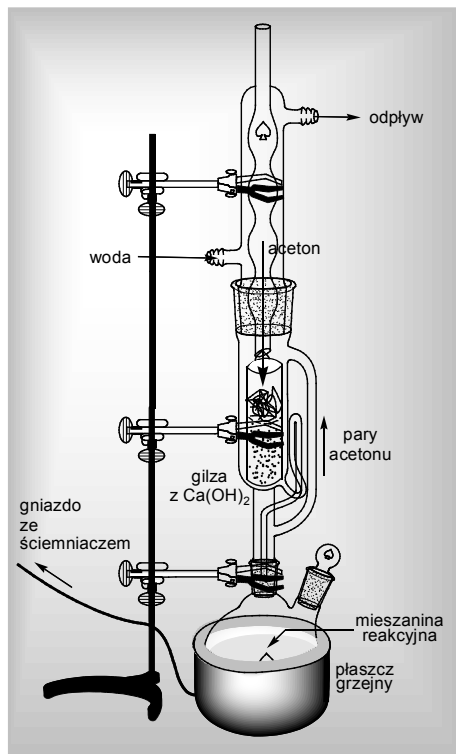
Gilzę należy wypełnić 30 g suchego Ca(OH)_2 ³ i zatkać kłębkiem waty szklanej. Wypełnioną gilzę należy **ostrożnie** umieścić w aparacie Soxhleta (należy unikać przedostania się Ca(OH)_2 do kolby reakcyjnej). Kolbę dwuszyjną o pojemności 500 cm³ napełnia się 250 cm³ czystego acetonu i ogrzewa do wrzenia z taką intensywnością, aby aceton z chłodnicy spływał małym strumieniem do aparatu Soxhleta. Należy zanotować, z jaką częstotliwością następuje opróżnianie aparatu Soxhleta. Ogrzewanie kontynuuje się przez 11 h⁴.

³ Można wziąć większą ilość Ca(OH)_2 – gilza mieści około 60 g. W każdym przypadku należy zanotować użytą do reakcji ilość.

⁴ W razie potrzeby ogrzewanie można przerwać w dowolnym momencie i kontynuować po dowolnym czasie. Krótszy czas ogrzewania powoduje spadek wydajności alkoholu diacetonowego.



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Rys. 1. Schemat układu ekstrakcyjnego z użyciem aparatu Soxhleta

Po zakończeniu ogrzewania otrzymuje się ok. 170 cm^3 jasnożółtej mieszaniny reakcyjnej (część acetonu znajduje się w $\text{Ca}(\text{OH})_2$ wypełniającym gilzę). Po rozebraniu zestawu reakcyjnego gilzę należy ostrożnie wyjąć z aparatu Soxhleta – po wysuszeniu może ona być przechowywana przez czas nieograniczony i użyta ponownie do reakcji dowolną liczbę razy.

Mieszanina reakcyjna zawiera niezmieniony aceton, alkohol diacetonowy oraz nieco tlenku mezytylu (pent-3-en-2-onu) i wody. Poddaje się ją oczyszczeniu przez dwukrotną destylację. Pierwszą destylację (frakcyjną) przeprowadza się pod normalnym ciśnieniem, z użyciem kolumny Vigreux. Zestaw należy zaizolować poprzez owinięcie folią aluminiową. Zawartość można destylować wprost z kolby reakcyjnej, ogrzewając ją na łaźni olejowej (kolbę należy okryć tkaniną z

włókna szklanego). Destylacja rozpoczyna się, gdy temperatura łaźni osiągnie ok. $100\text{ }^\circ\text{C}$. Temperaturę łaźni należy stopniowo podnosić. Destylację uznaje się za zakończoną, gdy temperatura na szczycie kolumny osiągnie $61\text{ }^\circ\text{C}$ – temperatura łaźni olejowej wynosi wtedy ok. $135\text{ }^\circ\text{C}$. W zakresie $57 - 61\text{ }^\circ\text{C}$ oddestylowuje ok. 70 cm^3 niezmienionego acetonu⁵.

Pozostałość po pierwszej destylacji należy po ochłodzeniu do temp. pokojowej przenieść do mniejszej kolby i destylować pod zmniejszonym ciśnieniem (10 mmHg) z użyciem pompki wodnej z łaźni olejowej o temperaturze $70\text{ }^\circ\text{C}$. UWAGA: W temperaturze $26\text{ }^\circ\text{C} - 27\text{ }^\circ\text{C}$ raptownie destyluje niewielka ilość wody – w razie gwałtownego kipienia zawartości należy ostrożnie podnieść nieco na chwilę ciśnienie w układzie destylacyjnym. Aż do temperatury $65\text{ }^\circ\text{C}$ destyluje mieszanina wody, tlenku mezytylu i alkoholu diacetonowego. Gdy temperatura osiągnie tę wartość, należy ostrożnie wpuścić powietrze do układu i zmienić odbieralnik na nowy, po czym kontynuować destylację. W zakresie $66\text{ }^\circ\text{C} - 70\text{ }^\circ\text{C}$ zbiera się czysty alkohol diacetonowy (ok. 55 g). Jego czystość należy zbadać, określając współczynnik załamania światła i porównać jego wartość z danymi tablicowymi.

⁵ Krótszy czas reakcji powoduje odzyskanie większej ilości nieprzereagowanego acetonu.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Eksperymenty fizykochemiczne – określenie rzędu reakcji samokondensacji acetonu

1. Pobieranie próbek

Z dolnej kolby układu reakcyjnego należy przez boczną szyję pobierać strzykawką porcje mieszaniny reakcyjnej o objętościach $0,5\text{ cm}^3$ po upływie 30, 60, 90, 120 i 240 min od rozpoczęcia reakcji (od momentu, w którym $\text{Ca}(\text{OH})_2$ w gilzie będzie po raz pierwszy całkowicie zanurzony w acetonie). Próbki należy umieścić w czystych, szczelnie zamykanych fiolkach. Próbki pobrane po 120 i 240 min należy rozcieńczyć w fiołce w stosunku 1:4, dodając w każdym przypadku 2 cm^3 czystego acetonu.

2. Wykonywanie chromatografii gazowej

Z poszczególnych fiolek należy pod kontrolą asystenta pobrać strzykawką po $1\text{ }\mu\text{l}$ zawartości i przeprowadzić chromatografię gazową, wykorzystując program „aceton”: $80\text{ }^\circ\text{C}$ (1 min), $15\text{ }^\circ\text{C/min} \rightarrow 160\text{ }^\circ\text{C}$, $160\text{ }^\circ\text{C}$ (1 min). Dla czasu retencji $R_t = 1,94\text{ min}$ pojawia się sygnał pochodzący od acetonu (znacznie wykraczający ponad skalę), dla $R_t = 2,74\text{ min}$ – interesujący nas sygnał pochodzący od alkoholu diacetonowego, zaś dla $R_t = 3,01\text{ min}$ – sygnał pochodzący od tlenku mezytylu. Przy nierównomiernym nastrzyknięciu próbki sygnały mogą być podwojone.

3. Opracowanie wyników

W poniższej tabeli należy zanotować powierzchnie sygnałów $p\text{ }[\mu\text{V}\cdot\text{s}]$, pochodzących od alkoholu diacetonowego (po uwzględnieniu rozcieńczenia pięciokrotnego rozcieńczenia próbek pobranych po 120 min i 240 min) i wyliczyć wartości $\ln p$ i $1/p$. Współczynniki 10^{-3} i 10^3 zostały użyte, aby uniknąć bardzo małych i bardzo dużych liczb.

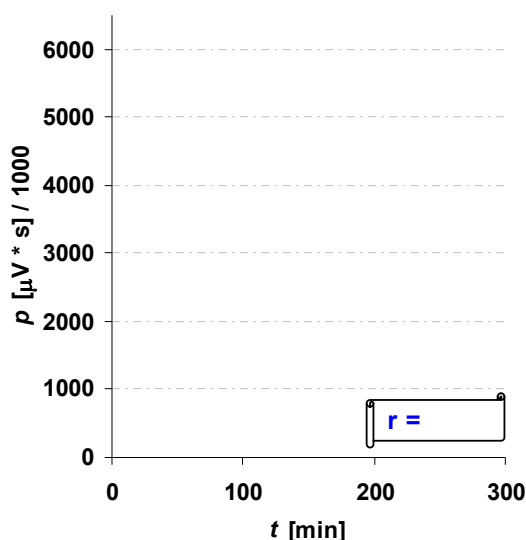
Czas reakcji [min]	Powierzchnia p sygnału alkoholu diacetonowego $[\mu\text{V}\cdot\text{s}]\cdot 10^{-3}$	$\ln (10^{-3} p\text{ }[\mu\text{V}\cdot\text{s}])$	$10^3 \cdot 1/(10^{-3} p\text{ }[\mu\text{V}\cdot\text{s}])$
30			
60			
90			
120			
240			

Otrzymane wartości należy umieścić na poniższych wykresach i w każdym wypadku wyliczyć współczynnik korelacji regresji liniowej r . Dla liczby pomiarów $n = 5$ możemy podejrzewać zależność liniową $y(x)$ tylko dla $r \geq 0,99$.

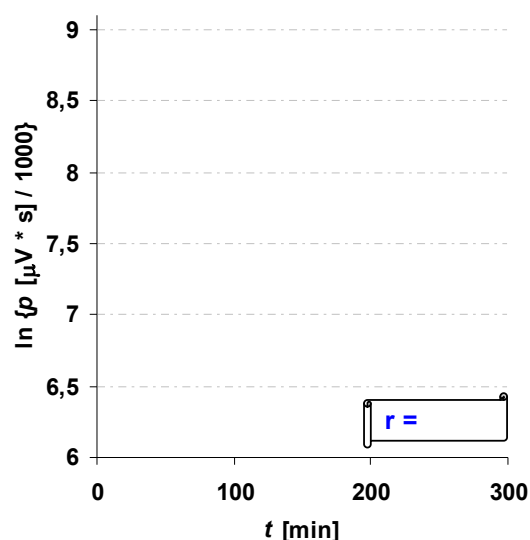


Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

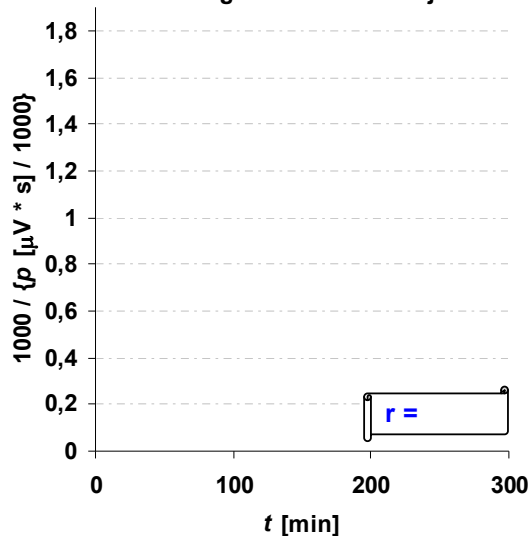
Zależność pola powierzchni p
sygnału pochodzącego od alkoholu
diacetonowego od czasu reakcji t .



Zależność $\ln$ pola powierzchni p
sygnału pochodzącego od alkoholu
diacetonowego od czasu reakcji t .



Zależność odwrotności pola
powierzchni p sygnału
pochodzącego od alkoholu
diacetonowego od czasu reakcji t .



Zastanówmy się teraz, co właściwie oznacza otrzymany wynik? Czy wynikający z wykresów rząd reakcji określa rząd reakcji sumarycznej (*rząd zewnętrzny*), czy *rząd wewnętrzny* którejś z reakcji elementarnych? Analizując Schemat 3 można dojść do wniosku, że omawiana reakcja składa się z trzech etapów:



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

1. Deprotonacji substratu
2. Ataku nukleofilowego jonu enolanowego na karbonylowy atom węgla innej cząsteczki acetonu
3. Protonacji produktu

Etapy 1 i 3 to ustalanie się równowag kwasowo-zasadowych, polegających na przekazywaniu protonów pomiędzy cząsteczkami. Są one szybkie w porównaniu z etapem 2. Najwolniejszy etap 2 determinuje szybkość całej reakcji. W etapie 2 reaguje jon enolanowy z cząsteczką acetonu. Stężenie acetonu jest stałe (do gilzy cały czas dociera czysty aceton) i bardzo duże w porównaniu ze stężeniem jonów enolanowych.

Nasz problem, polegający na określeniu rzędu reakcji, sprowadziliśmy do rozpatrzenia etapu 2. reakcji, odbywającego się w warunkach *metody izolacyjnej Ostwalda*, w której stężenie jednego z reagentów (w naszym przypadku acetonu) jest praktycznie niezmienione w czasie reakcji (w pojedynczym cyklu napełnienia i opróżnienia gilzy jedynie bardzo niewielka część acetonu przereagowuje). Określony rząd reakcji to rząd *wewnętrzny względny* (względem jonów enolanowych). Ostateczne pytanie brzmi więc: Jak zależy stężenie jonów enolanowych od czasu?

Jony enolanowe powstają w kontakcie acetonu z wodorotlenkiem wapnia gilzie (etap 1 reakcji). Jest to reakcja heterogeniczna (na granicy faz ciało stałe/ciecz). Nawet w momencie opróżnienia zbiornika aparatu Soxhleta gilza z $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pozostaje zwilżona acetonem. Ponieważ cały czas dopływa świeży aceton, w gilzie ustala się stan równowagi dynamicznej, w którym stężenie jonów enolanowych jest *stałe*.

Jeśli stężenie obu substratów w etapie określającym szybkość reakcji (etap 2) jest stałe, musi mieć ona rząd taki, jak właśnie wyliczony. Taki rząd reakcji jest możliwy *tylko* w przypadku reakcji heterogenicznych. Etap ten, jako najwolniejszy, określa prędkość całej reakcji i bez powyższych rozważań mogłoby się wydawać, że jest to rząd całej reakcji, co byłoby niezrozumiałe.

Ponieważ z pomiarów powierzchni sygnałów na chromatogramie jesteśmy w stanie odczytać jedynie **względne** stężenia alkoholu diacetonowego w próbce, nie jesteśmy w stanie wyznaczyć bezwzględnej wartości stałej k . Można ją oszacować jedynie na podstawie wydajności otrzymanego produktu.

Pytania:

1. Dlaczego reakcje heterogeniczne są na ogół wolniejsze niż reakcje homogeniczne?



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

2. Jakie inne katalizatory (homogeniczne lub heterogeniczne) można zastosować w reakcjach kondensacji aldolowej?
3. Jaka reguła pozwala przesunąć równowagę reakcji dimeryzacji acetonu na prawą stronę? Jaki konkretny przykład tej reguły ma zastosowanie w omawianym przypadku?
4. Zapisz struktury rezonansowe anionów **A'** i **B'**.
5. Zapisz wzory możliwych produktów reakcji aldolowej butan-2-onu i aldehydu benzoowego oraz wzory związków powstałych w wyniku dehydratacji produktów reakcji.

Literatura

1. J. McMurry *Chemia Organiczna (wydanie trzecie)*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa **2005**, tom 4: rozdz. 22.1-2, 5-6; 23.1-7,11,14 + podsumowanie i zadania (str. 822-824, 828-833, 854-864, 871-874, 878-891).
2. L. G. Wade, Jr. *Organic Chemistry 5th Ed.*, Prentice Hall, Upper Saddle River, **2003**: rozdz. 22.1-2, 7-11, 18 + podsumowanie i zadania (str. 1003-1007, 1017-1027, 1042-1045, 1049-1056).
3. J. March *Chemia organiczna. Reakcje, mechanizmy, budowa*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, **1975**: str. 603-611 (opis reakcji 6.39-6.42).
4. K. Pigoń, Z. Ruziewicz *Chemia fizyczna (wydanie szóste)*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa **2007**, tom 1: rozdz. 7.1-7.2.1, 7.3 (str. 468-474, 481-493).
5. P.W. Atkins *Chemia fizyczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa **2001**: rozdz. 25.1a, 2-3, 6 (str. 735-737, 738-746, 752-753).
6. A. Czarny, B. Kawałek, A. Kolasa, P. Milart, B. Rys, J. Wilamowski *Ćwiczenia laboratoryjne z chemii organicznej*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa, **2008** (on-line: www.skryptoszafa.pl).
7. (a) J. B. Conant, N. Tuttle *Org. Synth. Coll. Vol. 1*, 199 (1941); *Vol. 1*, 4 (1921). (b) P. L. Kyriakides *J. Am. Chem. Soc.* **36**, 530 (1914).
8. A. I. Vogel *Preparatyka organiczna (wydanie trzecie)*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, **2006**: rozdz. 5.18.2 i przepis 5.213 (str. 765-767 i 769).

UWAGI I ZAGOSPODAROWANIE ODPADÓW

Ciekłe pozostałości po destylacji należy umieścić w pojemniku na odpady O.

Gilzę razem z Ca(OH)₂ należy wysuszyć i oddać do przygotowni.