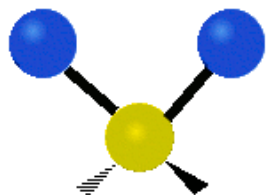
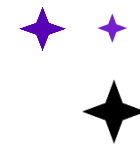
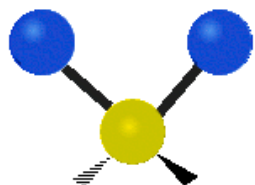




LABORATORIUM
TAJEMNIC



Promieniowanie podczerwone- IR



Monika Kopeć

Łódź, 18/11/2025



**LABORATORIUM
TAJEMNIC**

Promieniowanie podczerwone-IR

Monika Kopeć

Łódź, 18/11/2025



Spektroskopia jest to nauka, która zajmuje się **oddziaływaniem między promieniowaniem elektromagnetycznym a materią** rozumianą jako zbiór cząstek o masie spoczynkowej różnej od zera.

Oddziaływanie promieniowania z materią

absorpcja
(pochłanianie)

emisja
(oddanie części energii)



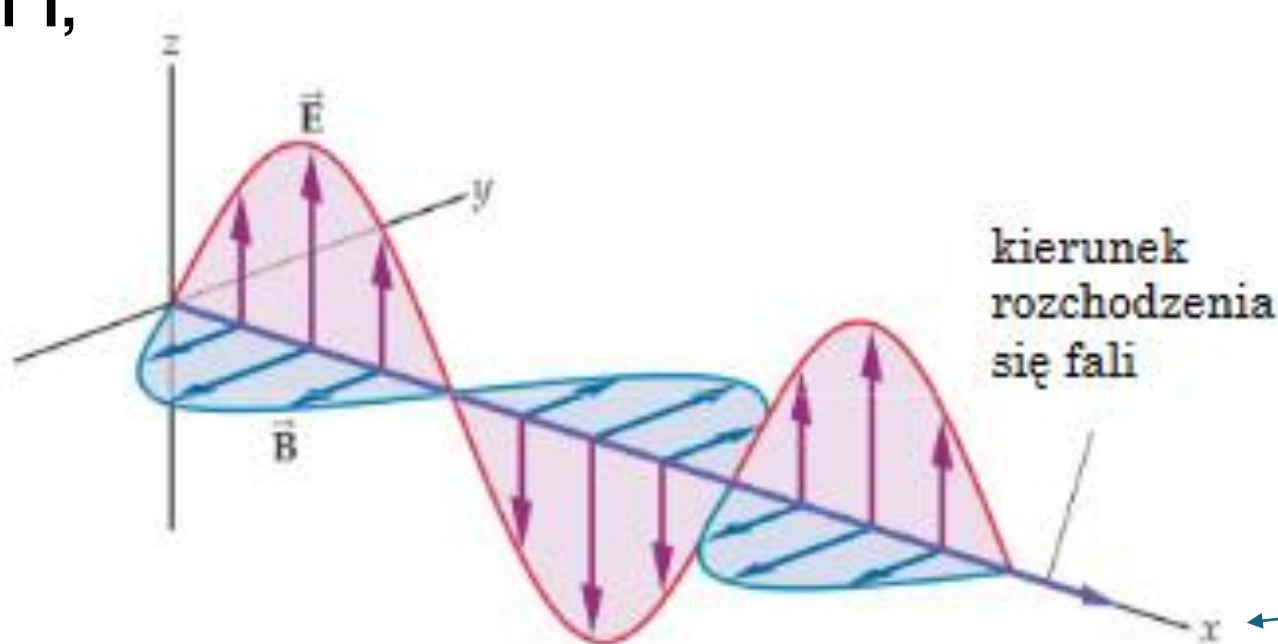
Charakter oddziaływania pomiędzy promieniowaniem a materią określany jest przez mechanikę kwantową.

Natura promieniowania elektromagnetycznego

Promieniowanie elektromagnetyczne jest to drganie pola elektrycznego, któremu towarzyszy drganie pola magnetycznego

Falę elektromagnetyczną, charakteryzują:

- ✓ **częstość ν ,**
- ✓ **okres zmienności T ,**
- ✓ **długość fali λ ,**



Zmienia się periodycznie

$$E = E_0 \cos 2\pi \nu t$$

$$H = H_0 \cos 2\pi \nu t$$

Natura promieniowania elektromagnetycznego

Falę elektromagnetyczną, charakteryzują:

✓ **częstość** ν , czyli liczba pełnych zmian pola magnetycznego i elektrycznego w ciągu jednej sekundy, wyrażona w hercach (Hz),

✓ **okres zmienności** T ,

$$T = \frac{1}{\nu}$$

Jest odwrotnością częstotliwości.

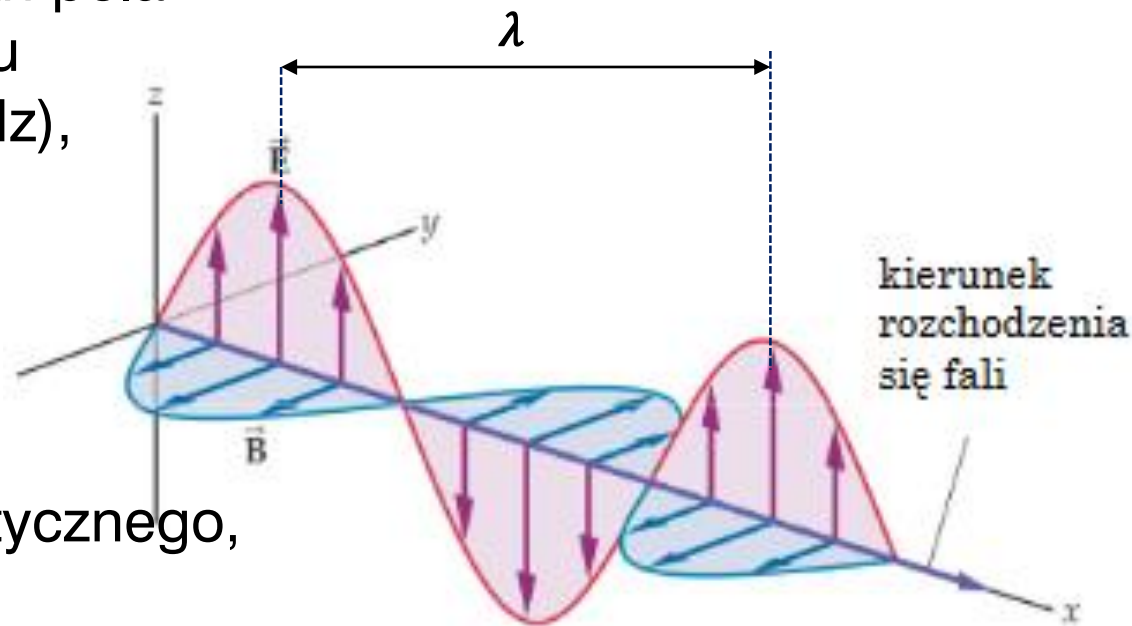
Czas, w którym nastąpi powrót do tej samej fazy pola elektrycznego i magnetycznego,

✓ **długość fali** λ ,

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

czyli odległość między sąsiednimi punktami, w których pole elektryczne i magnetyczne mają taką samą fazę.

Wielkości te są ze sobą związane: im większa jest częstość, tym długość fali jest mniejsza



Cechy promieniowania natury falowej



Cechy jakościowe promieniowania:

- ✓ **długość fali** (λ)
- ✓ **częstość drgań** (ν)
- ✓ **liczba falowa** (ν)

$$\lambda \nu = c$$

$$\nu = \frac{1}{\lambda} \text{ liczba drgań pola przypadająca na 1 cm drogi}$$

Cechy promieniowania natury korpuskularnej

Wiązka promieniowania jest zbiorem porcji energii (kwantów energii). Wielkość pojedynczego kwantu energii promieniowania (fotonu) określa **zależność Plancka**.

$$\varepsilon = h \nu$$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

Cechy ilościowe promieniowania:

- ✓ **intensywność** (I) energia przechodząca w ciągu 1 sekundy przez 1 m² powierzchni prostopadłej do kierunku biegu promieniowania
- ✓ **gęstość promieniowania** (ρ) energia lub proporcjonalna liczba fotonów monochromatycznych zawarta w 1 m³ napromieniowanego układu

Molekuły zbudowane z jąder i elektronów dysponują pewnym **zasobem energii**, która przejawia się w **różnych postaciach ruchu**.

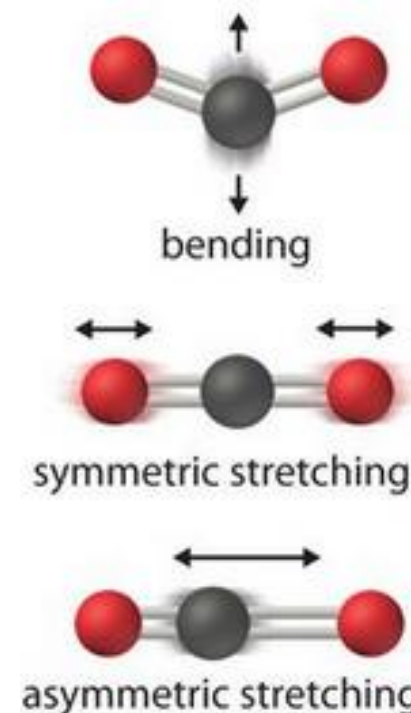
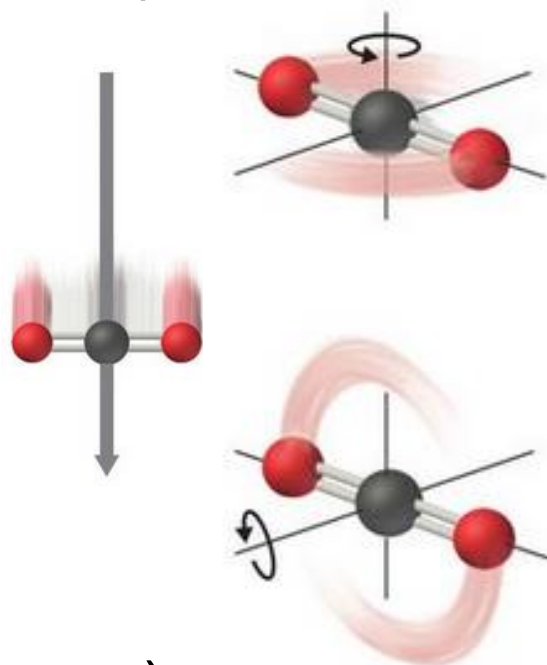
✓ **Ruch translacyjny** (wzdłuż trzech osi)

✓ **Ruch rotacyjny** (wirujący bąk)

✓ **Energia oscylacyjna** (sprężyny)

✓ **Energia elektronowa**

✓ **Energia wewnątrzjądrowa** (nukleony)





Molekuły zbudowane z jąder i elektronów dysponują pewnym **zasobem energii**, która przejawia się w **różnych postaciach ruchu**.

- ✓ **Ruch translacyjny**-przemieszczanie się całych molekuł w przestrzeni, bezwładne i nieuporządkowane przemieszczanie się molekuł zderzających się ze sobą i przekazujących sobie wzajemnie energię kinetyczną
- ✓ **Ruch rotacyjny**-wirowanie molekuły wokół własnej osi. Ruch ten przypomina wirowanie bąka i można go rozłożyć na składowe rotacje wokół trzech osi wzajemnie do siebie prostopadłych przypisując mu trzy stopnie swobody.
- ✓ **Energia oscylacyjna**-atomy w molekule są połączone wiązaniami utworzonymi przez elektrony walencyjne. Wiązania przypominające sprężyny wywołują oscylacje wokół położenia równowagi. Modelem matematycznym jest drganie kulek połączonych sprężynami
- ✓ **Energia elektronowa**-energia kinetyczna ruchu elektronów w molekule i energia potencjalna przyciągania elektronów przez jądra i odpychania ich przez sąsiadujące elektrony
- ✓ **Energia wewnątrzjądrowa**-energia kinetyczna i potencjalna nukleonów, które tworzą jądro molekuły

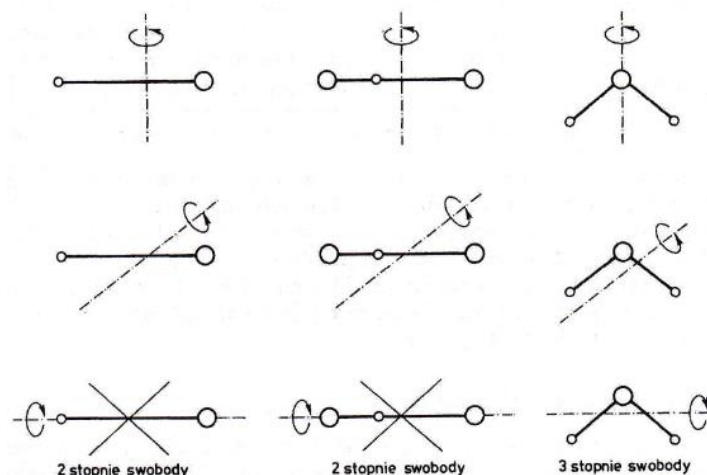




Stopień swobody-to **najmniejsza liczba niezależnych zmiennych**, które są potrzebne do jednoznacznego opisanie stanu układu.

Każdy atom budujący cząsteczkę może poruszać się **wzdłuż trzech osi (x, y, z)**, co oznacza, że jeśli cząsteczka jest zbudowana z N atomów to posiada ona **$3N$ stopni swobody wibracyjnej**. Biorąc pod uwagę, że cząsteczki jako takie mogą się obracać (**3 stopnie swobody rotacyjnej**) i przesuwać (**3 stopnie swobody translacyjnej**) całkowita liczba stopni swobody wibracyjnej (drgań) wynosi **$3N - 6$ dla cząsteczek nieliniowych**. W przypadku cząsteczek liniowych (np. CO_2) **jeden stopień swobody rotacyjnej pokrywa się ze stopniem swobody translacyjnej** co daje **$3N - 5$ stopni swobody oscylacyjnej**.

Jeżeli wszystkie atomy molekuly leżą na **jednej linii prostej**, to rotacja wokół tej osi ma tak małą energię, że jest ona zanedbywana. **Molekuly liniowe mają więc tylko dwa stopnie swobody rotacji**.

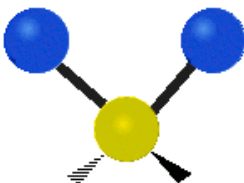
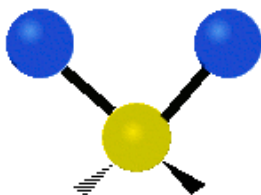




Stopnie swobody cząsteczki

$3N-6$ – cząsteczka nieliniowa

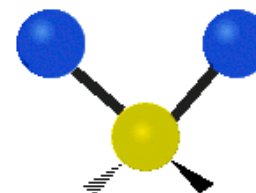
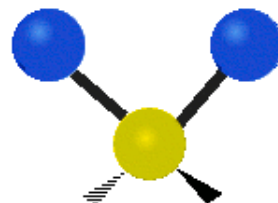
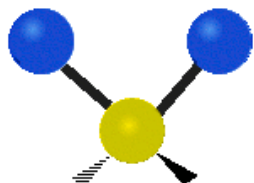
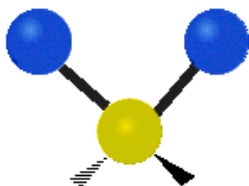
$3N-5$ – cząsteczka liniowa



WODA ??

Promieniowanie podczerwone-IR

rozciągające symetryczne rozciągające asymetryczne

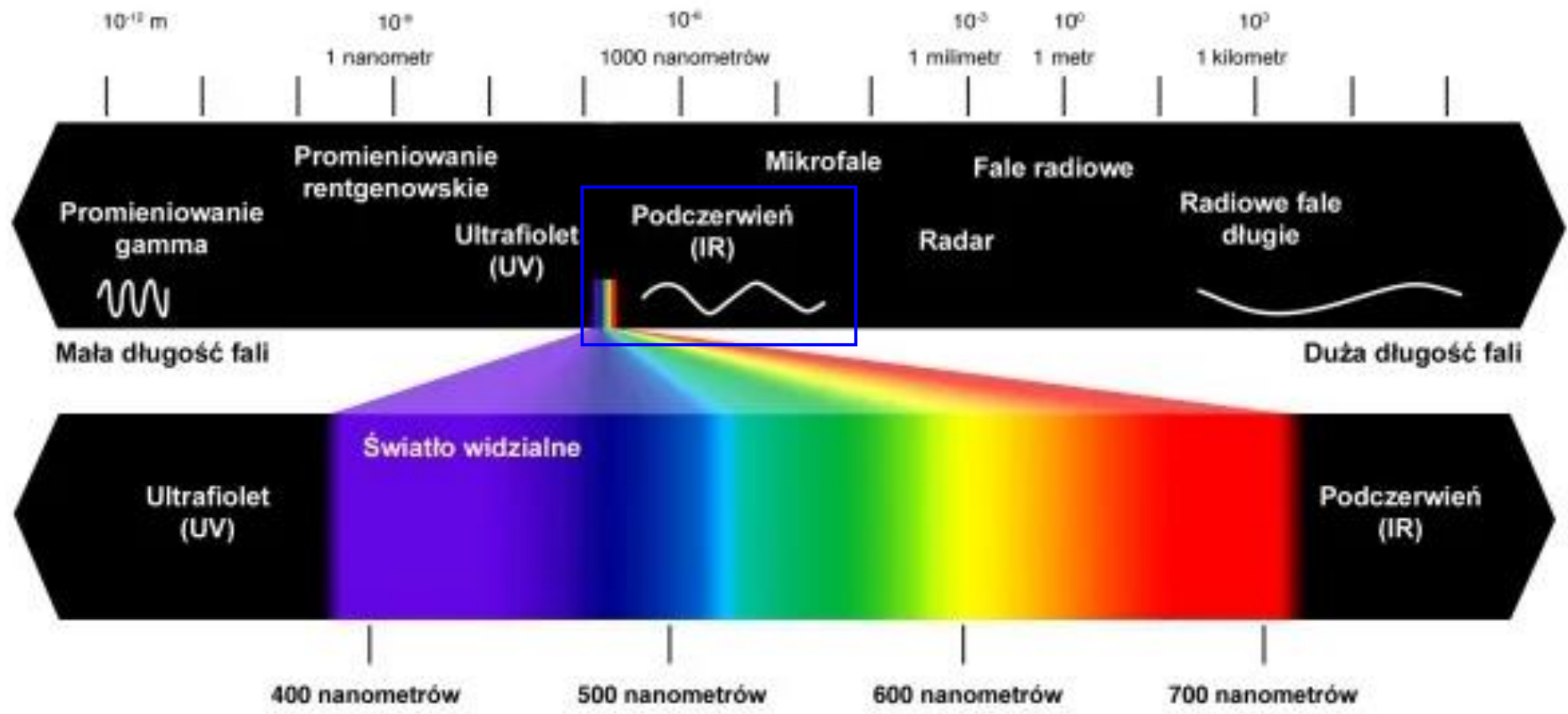


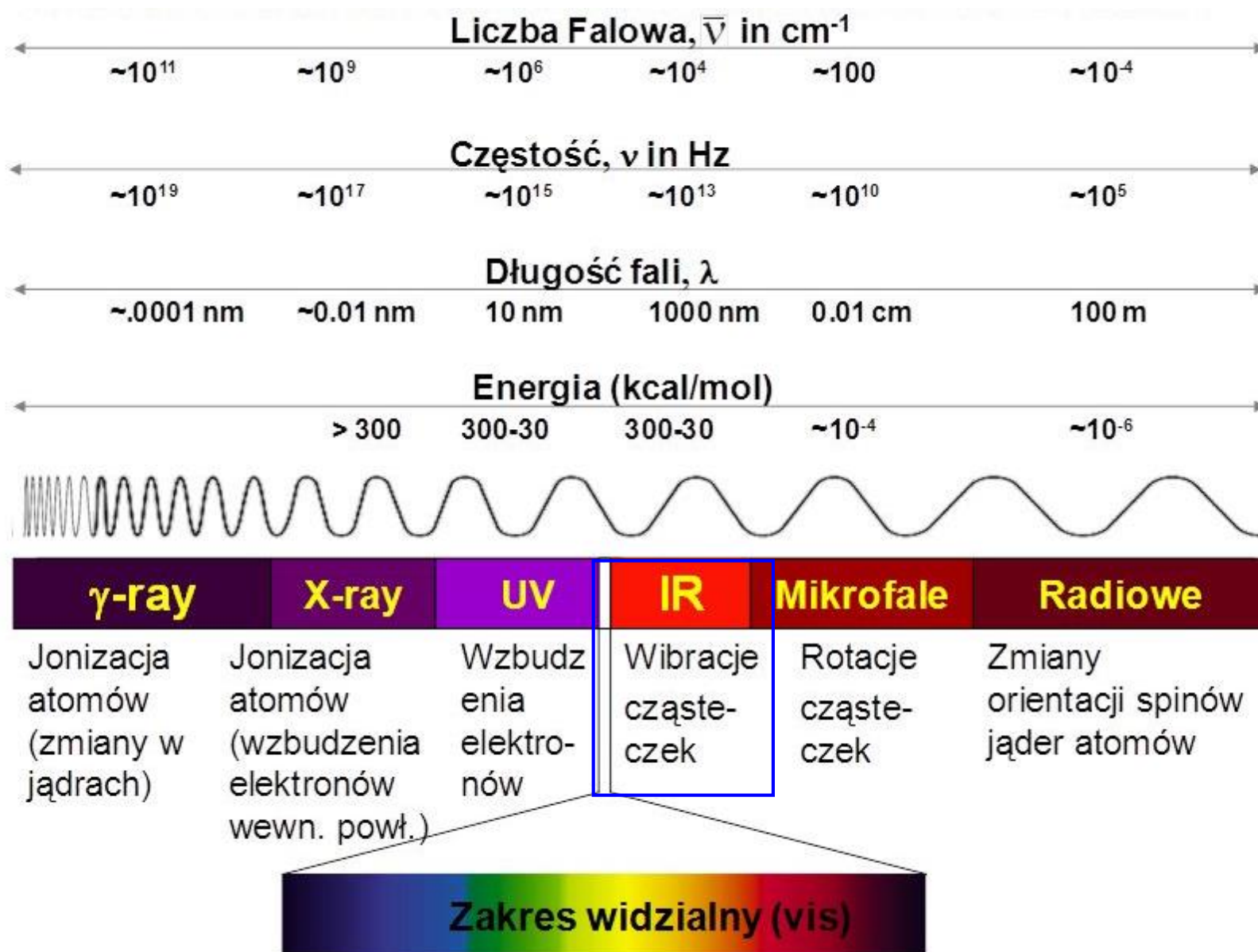
zginające

wahadłowe

wachlarzowe

skręcające





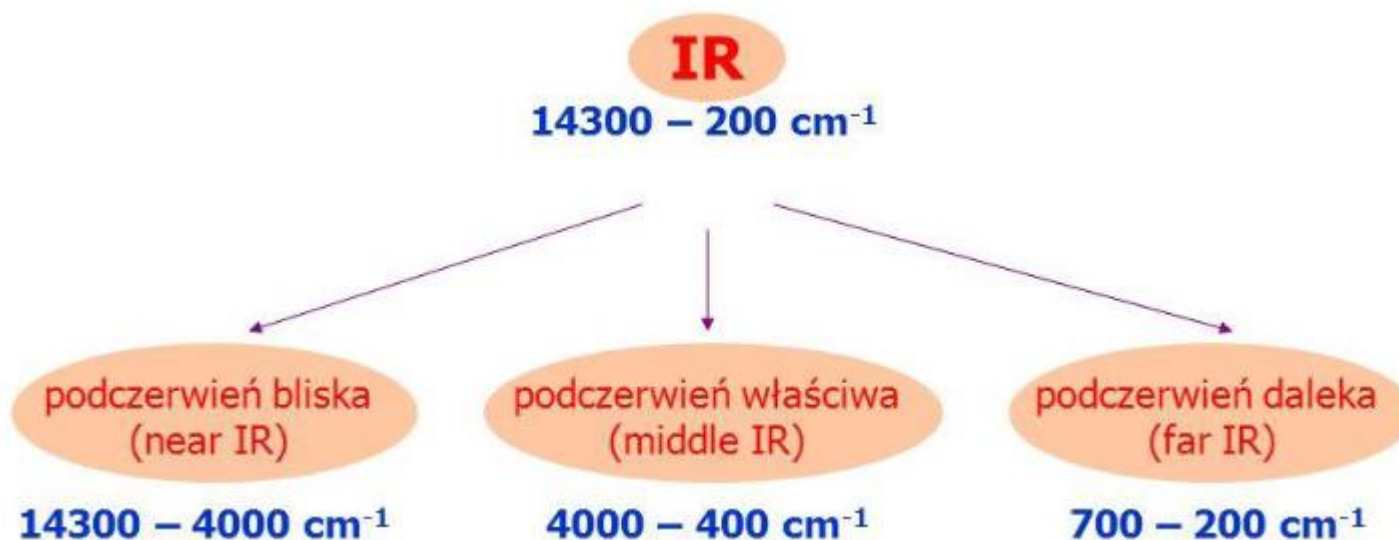
Spektroskopia IR ang. Infrared Spectroscopy



Promieniowanie IR zostało odkryte przez
Sir Fredericka Williama Herschel'a w 1800 roku.

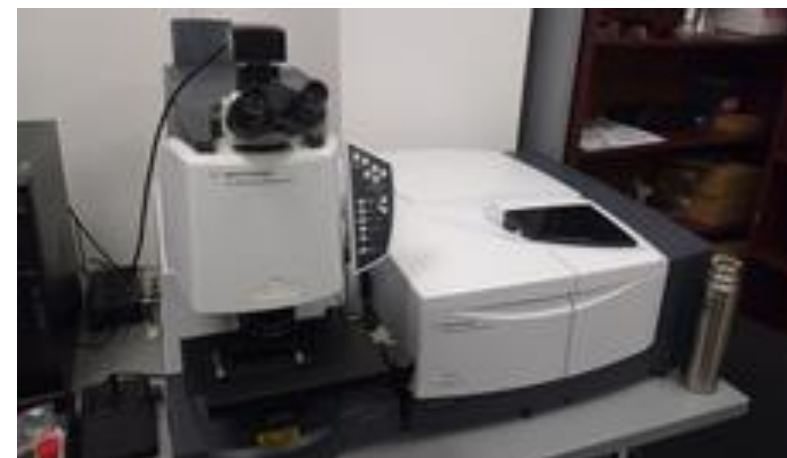


Czy poszczególne barwy światła
posiadają różne poziomy ciepła?



Spektroskopia IR dostarcza informacji o wibracjach
cząsteczek

Spektroskopia IR jest spektroskopią absorpcyjną.

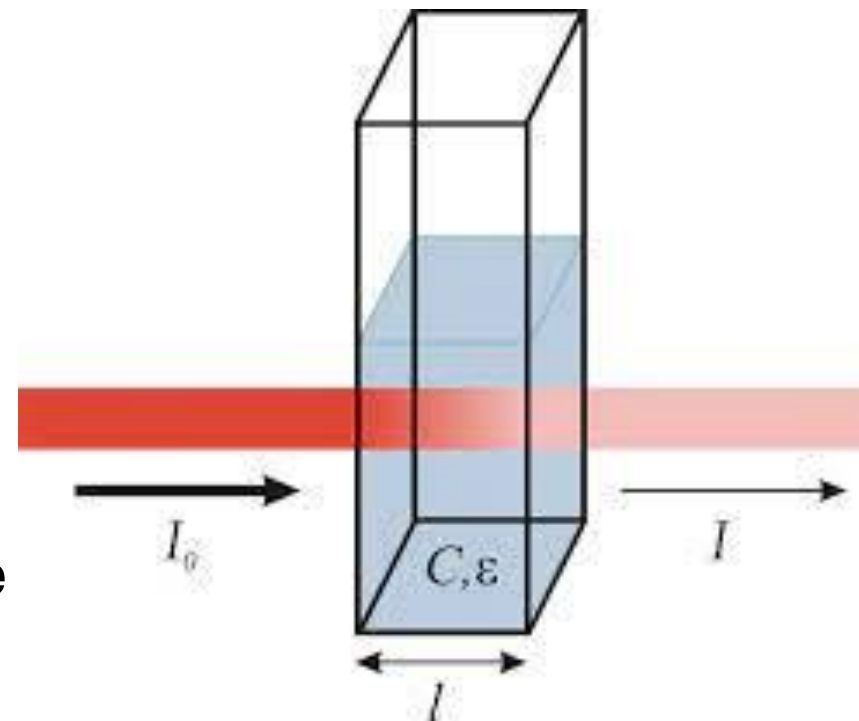




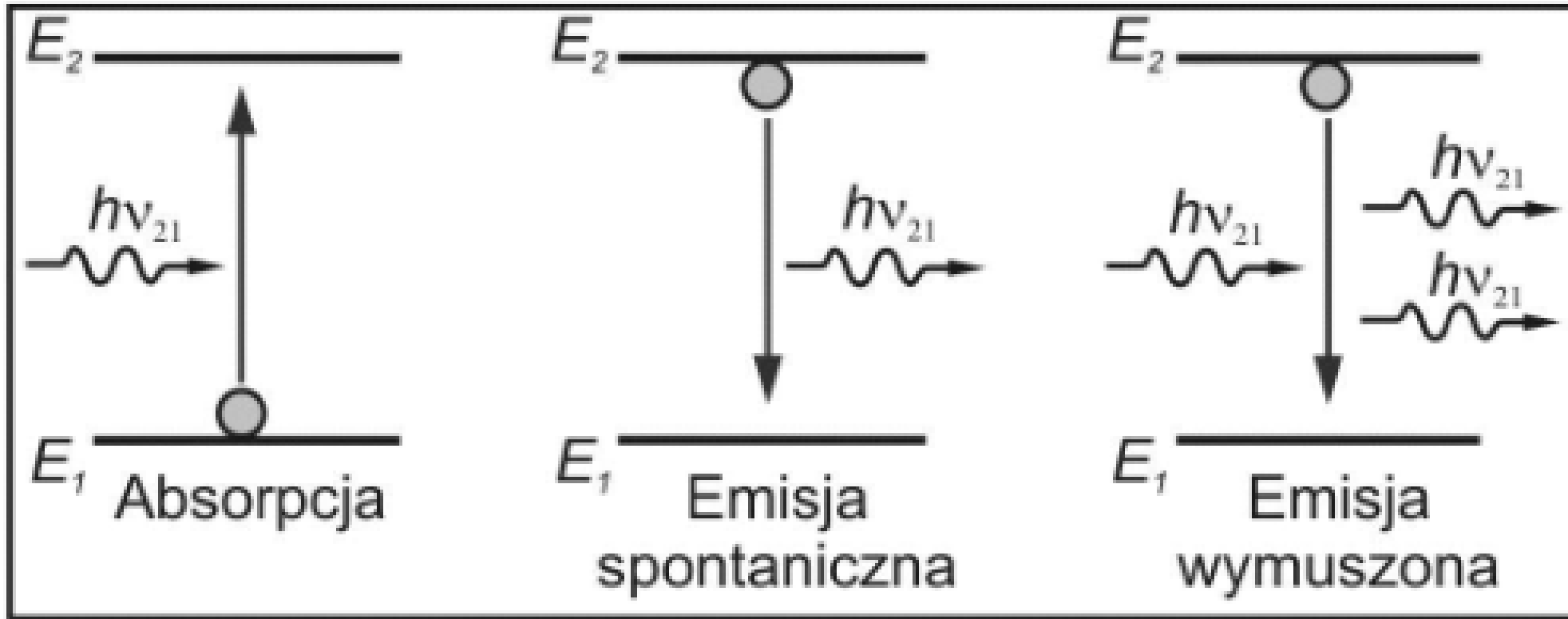
Prawo Lamberta-Beera stwierdza, że absorbancja roztworu jest **wprost proporcjonalna** do **stężenia cząsteczek** absorbujących w roztworze i **długości ścieżki optycznej**.

$$A = \log \left(\frac{I^0}{I} \right) = \epsilon l c$$

I^0 natężenie promieniowania padającego
 I natężenie promieniowania po przejściu przez próbkę
 l grubość warstwy absorbującej
 ϵ molowy współczynnik absorpcji
 c stężenie substancji



Oddziaływanie promieniowania z materią



Przejście molekuł z poziomu niższego na wyższy

Emisja fotonów zachodzi, gdy elektrony znajdują się poziomach wzbudzonych i samorzutnie wracają na niższe poziomy energetyczne

Foton inicjujący emisję nie jest pochłaniany przez materię – pełni tylko rolę wyzwalającą proces.

Zjawisko odpowiada za świecenie ciał

Podstawa działania laserów



1. Fotony promieniowania muszą mieć energię równą różnicy energii wibracyjnych poziomów energetycznych:

$$h\nu = \Delta E$$

2. Przejście zachodzi tylko wtedy, gdy kwantowa liczba oscylacji zmienia się o 1,2,3...

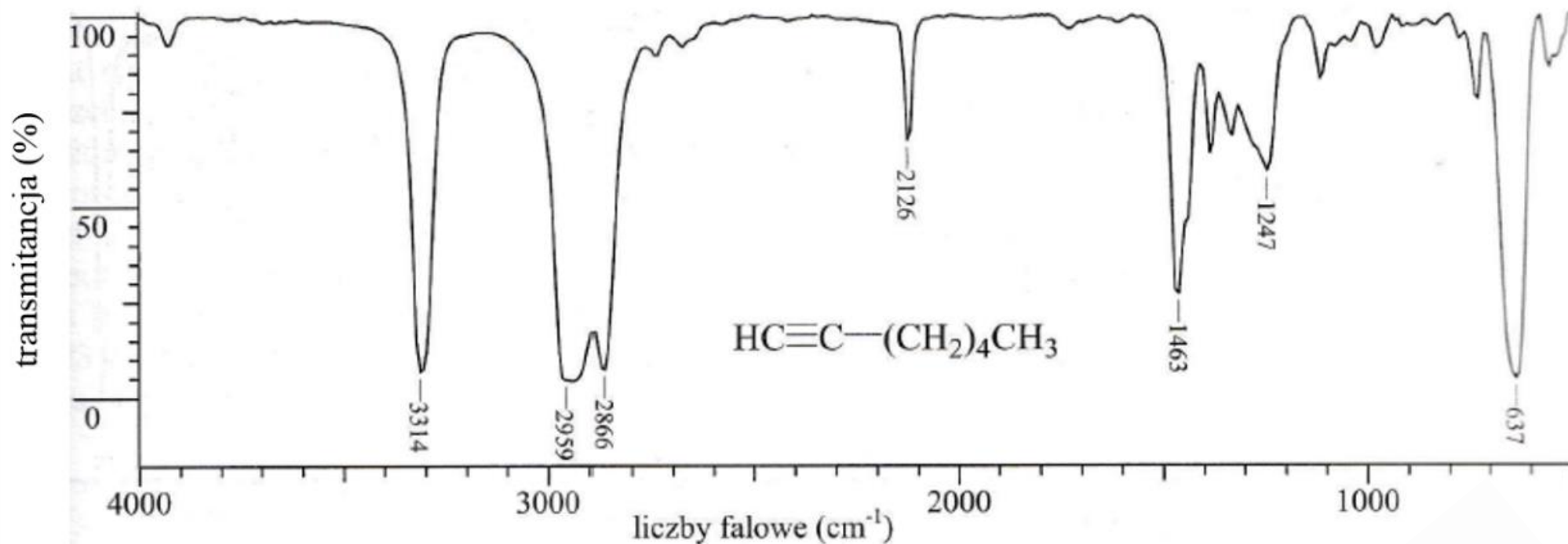
$\Delta v = +1$ oscylator harmoniczny

$\Delta v = +1, +2, +3, \dots$, oscylator anharmoniczny

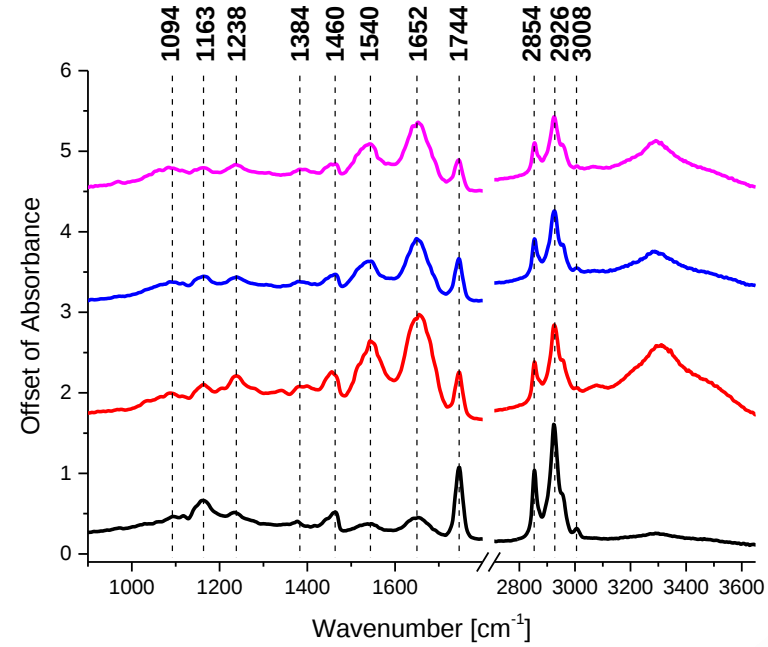
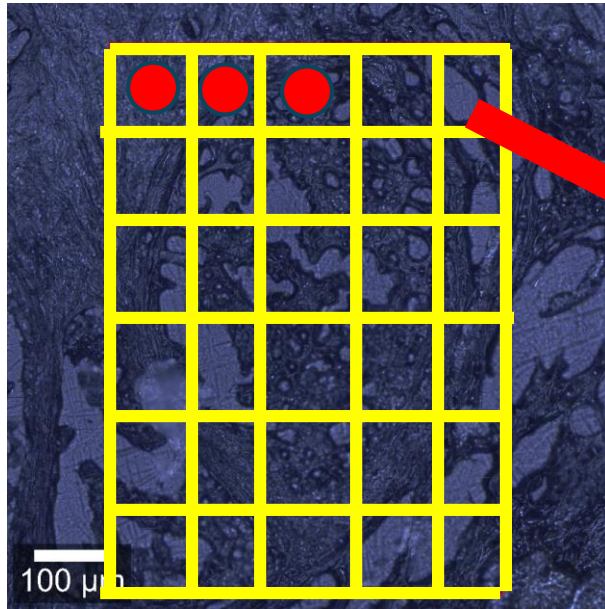
3. W trakcie drgania musi nastąpić zmiana momentu dipolowego cząsteczki

$$\frac{\partial \mu}{\partial q} \neq 0$$

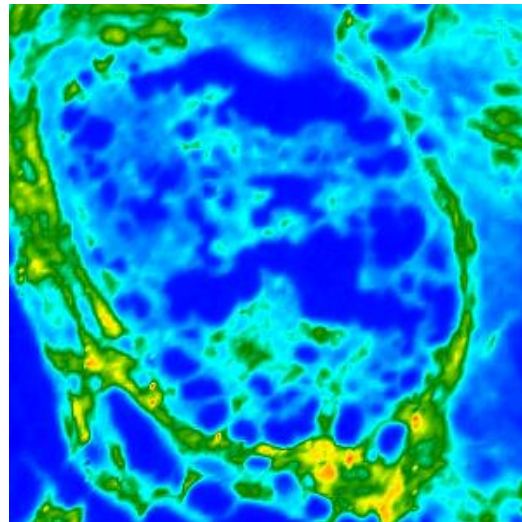




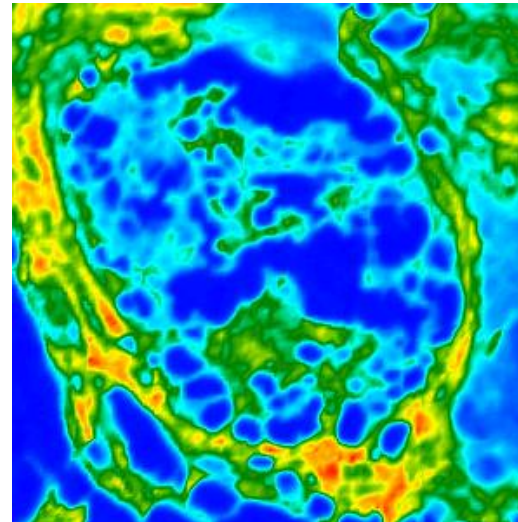
Widmo IR hept-1-yn. Drgania rozciągające $\equiv\text{C}-\text{H}$: 3314 cm^{-1} . Drgania rozciągające $\text{C}-\text{H}$: $1450-1360\text{ cm}^{-1}$, $2960-2860\text{ cm}^{-1}$. Drgania rozciągające $\text{C}\equiv\text{C}$: 2126 cm^{-1} . Drgania zginające $\text{C}-\text{H}$: 1463 cm^{-1} $\delta_{\text{s}}\text{CH}_2$, 1450 cm^{-1} $\delta_{\text{as}}\text{CH}_3$. Nadton drgań zginających $\equiv\text{C}-\text{H}$, 1247 cm^{-1} . Ton podstawowy drgania zginającego $\equiv\text{C}-\text{H}$, 637 cm^{-1}

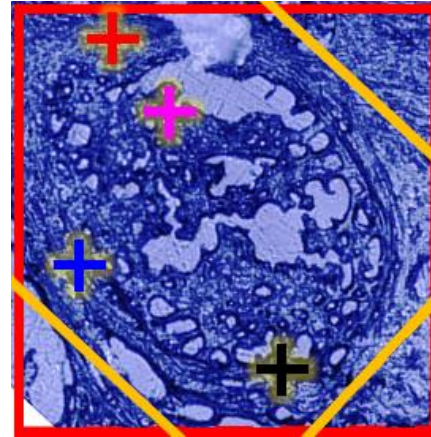


Center 2855 (2840-2870)

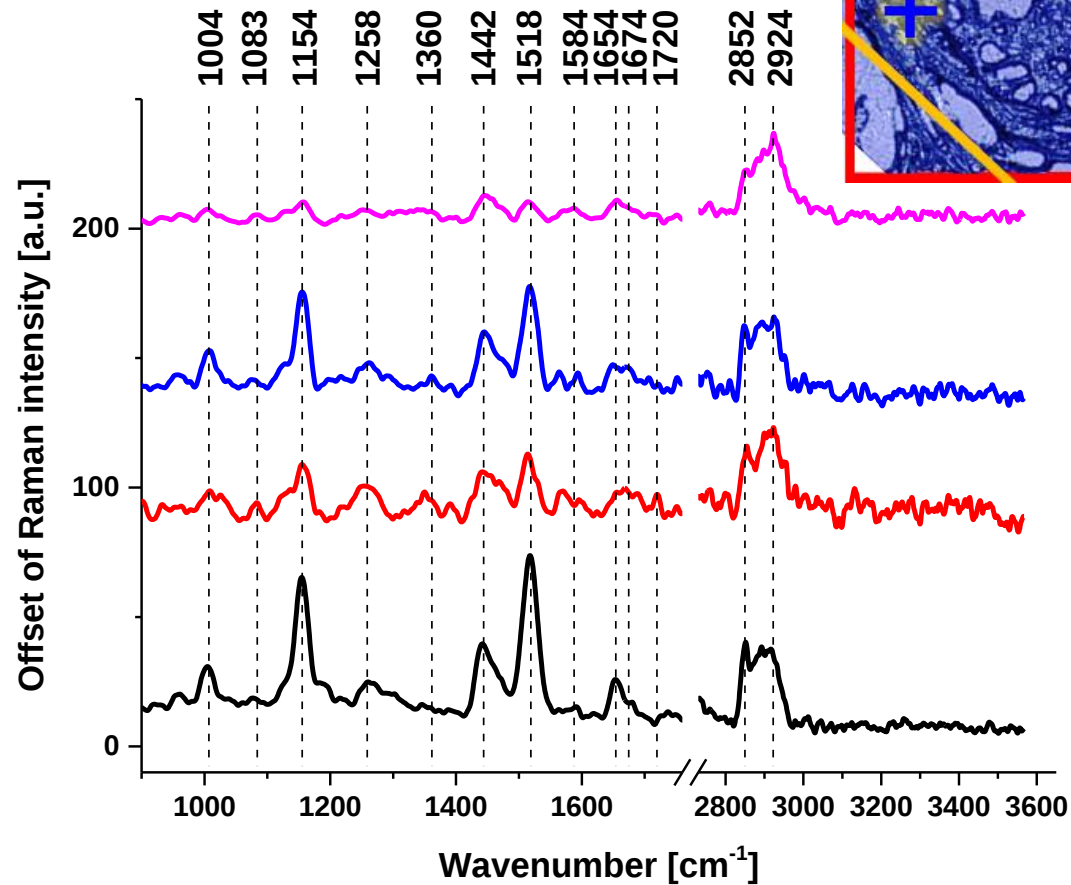


Center 2925 (2880-2990)

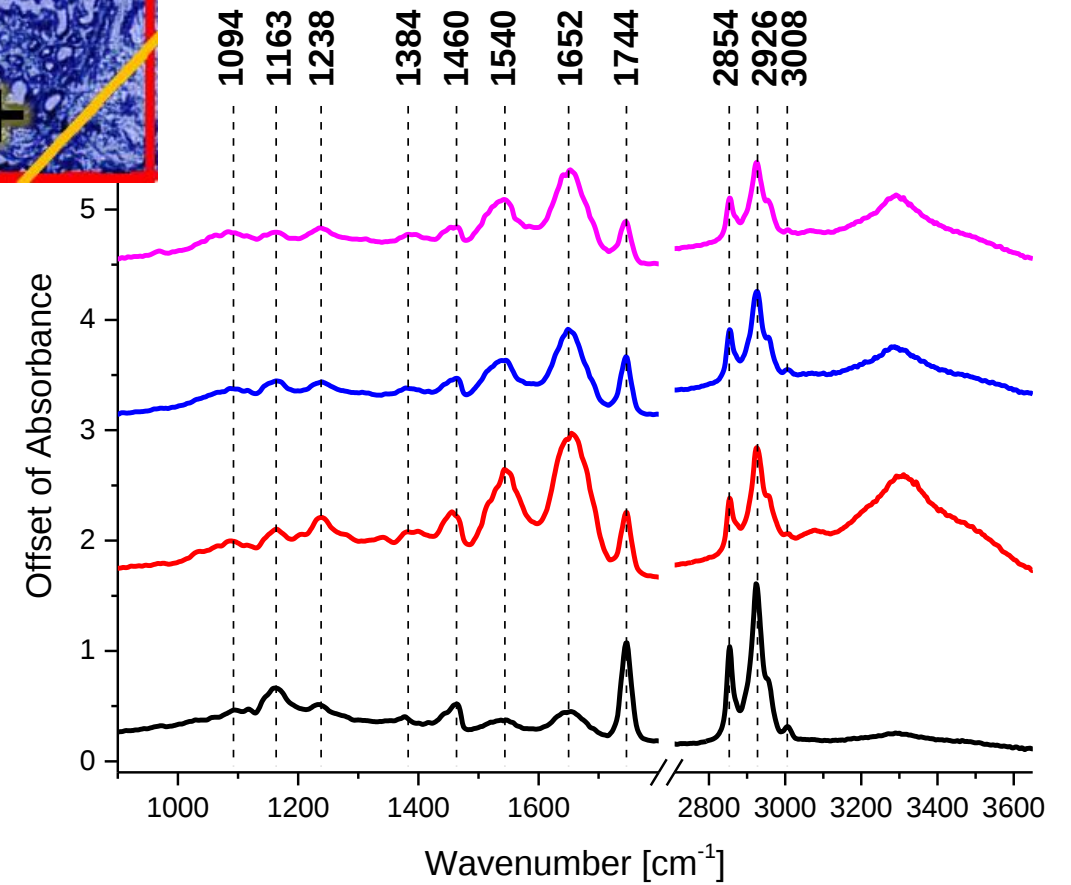


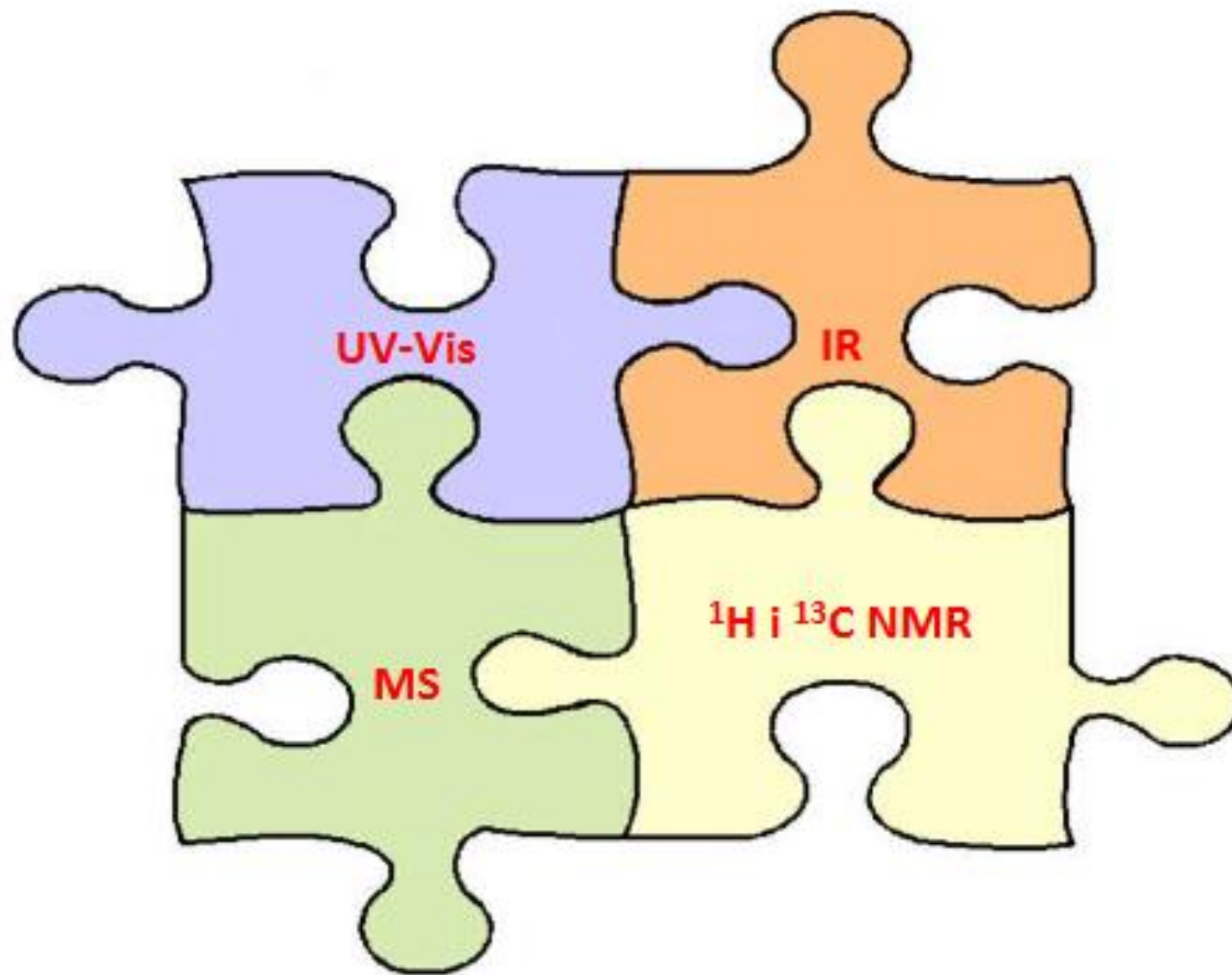


Raman spectra



FTIR spectra







Wiązanie	typ drgania	zakres absorpcji [cm ⁻¹]
O-H alkohole i fenole	rozciągające	3584-3700
O-H alkohole, fenole (OH tworząca wiązanie wodorowe)	rozciągające	3000-3550
O-H alkohole i fenole	zginające	1330-1420
C-O alkohole i fenole	rozciągające	1000-1260
C-O etery	rozciągające	1085-1150
C=O estry	rozciągające	1735-1750
C-O estry	rozciągające	1000-1300
C=O ketony, aldehydy, kwasy karboksylowe, estry karboksylowe, amidy	rozciągające	1540-1870
C-C(=O)-C ketony	rozciągające i zginające	1100-1300
C=O aldehydy	rozciągające	1720-1740
C-H aldehydy	rozciągające	2695-2830
O-H kwasy karboksylowe (tworząca wiązanie wodorowe)	rozciągające	3520
C=O kwasy karboksylowe	rozciągające	1660-1870
C-O i O-H kwasy karboksylowe	rozciągające C-O i zginające O-H	1210-1320 1395-1440
C≡C alkiny	rozciągające	2100-2260
C-H alkiny	rozciągające	3267-3333
C-H alkiny	zginające	610-700
C-H alkeny	rozciągające	powyżej 3000
C-H alkeny	zginające	600-1000
C=C alkeny	rozciągające	1640-1667
C=C aromatyczne	rozciągające	1500-1610



Wiązanie	typ drgania	zakres absorpcji [cm ⁻¹]
grupy metylowe alkany rozgałęziony łańcuch	zginające	1500
grupy metylenowe alkany	zginające	1465 nożycowe
grupy metylenowe alkany	skręcające i wachlarzowe	1150-1350
C-C alkany	rozciągające	800-1200
grupy metylowe alkany	zginające	1375 sym 1450 as
grupy metylenowe alkany	wahadłowe	720
C-H cykloalkany	rozciągające	2990-3100
grupy metylowe alkany	rozciągające	2962 as 2872 sym
grupy metylenowe alkany	rozciągające	2926 as 2853 sym
N-H amidy	rozciągające	3300-3500
C=O amidy	rozciągające	1640-1700
N-H amidy	zginające	1500-1600
N-H aminy	rozciągające	3250-3600
N-H aminy	zginające	1580-1650
C-N aminy	rozciągające	1020-1250
C≡N nityle	rozciągające	2200-2400
C-Cl	rozciągające	600-800

Informacja do zadań 1 i 2

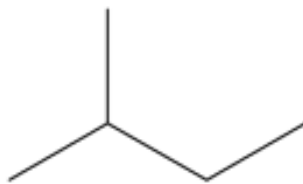
Poniżej przedstawiono wzory półstrukturalne związków organicznych:



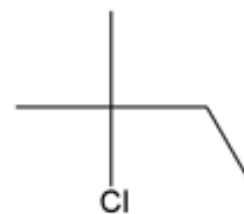
Związek 1



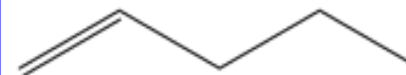
Związek 2



Związek 3



Związek 4



Napisz za pomocą wzorów półstrukturalnych równania reakcji przemiany:

- związku 4 w związek 1
- nazwij substraty oraz produkt reakcji
- wskaż, które z załączonych widm IR jest widmem związku 4, uzasadnij swoją odpowiedź

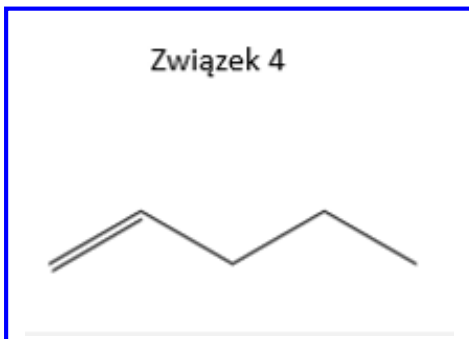
Rozwiązanie przykładu 1:

- $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
- substraty: pent-1-en oraz wodór, produkt: pentan

c) wskaż, które z załączonych widm IR jest widmem związku 4, uzasadnij swoją odpowiedź



Przykład 1

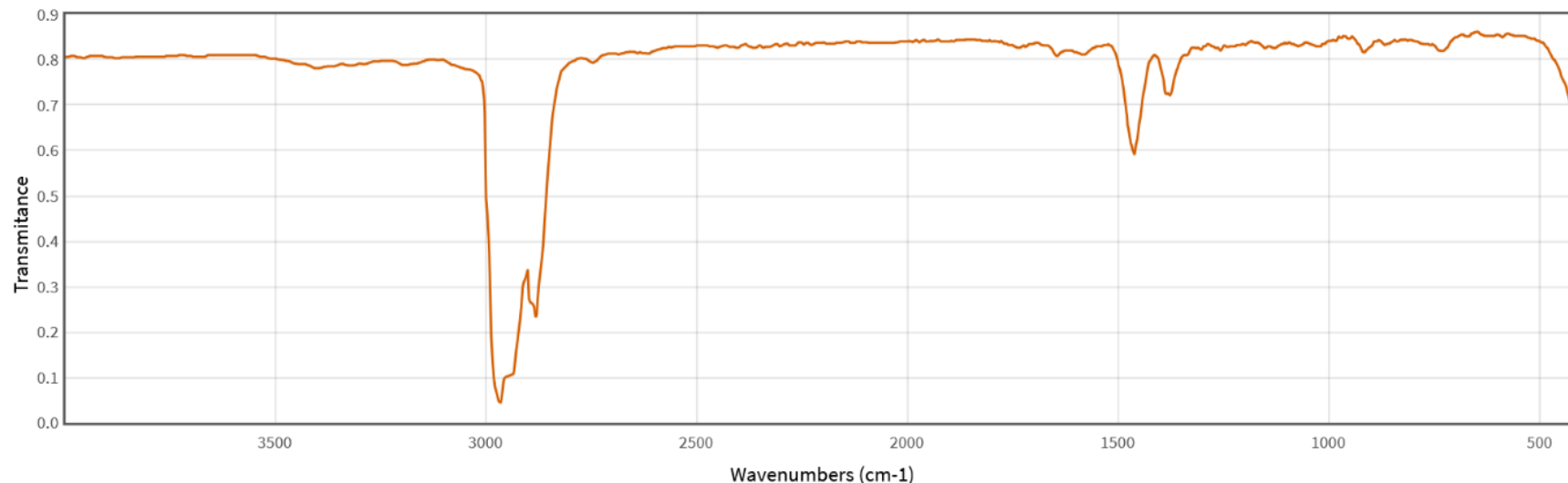


Rozwiązanie przykładu 1:

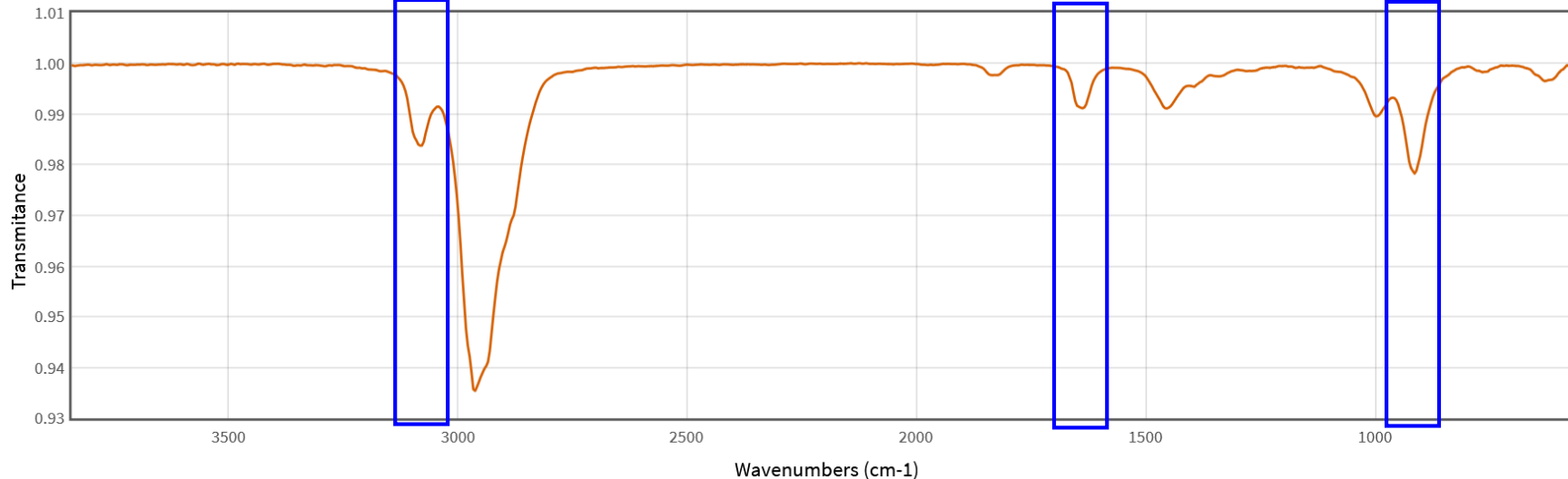
c) widmo nr 2 jest widmem IR związku 4. Na widmie nr 2 występuje pasmo w zakresie 1640-1667 cm^{-1} odpowiadające drganiom rozciągającym C=C charakterystyczne dla alkenów. Ponadto widoczne jest drganie w zakresie 600-1000 cm^{-1} odpowiadające drganiom zginającym C-H. Widoczne jest również pasmo powyżej 3000 cm^{-1} odpowiadające drganiom rozciągającym C-H.

C-H alkeny	rozciągające	powyżej 3000
C-H alkeny	zginające	600-1000
C=C alkeny	rozciągające	1640-1667

widmo nr 1



widmo nr 2

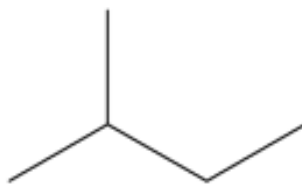




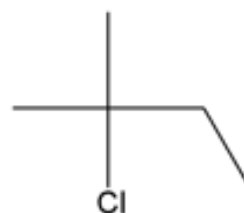
Związek 1



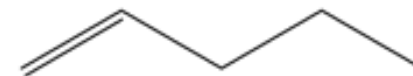
Związek 2



Związek 3



Związek 4



Napisz za pomocą wzorów półstrukturalnych równania reakcji przemiany:

- związku 2 w związek 3
- nazwij substraty oraz produkt reakcji

Rozwiązanie przykładu 2:

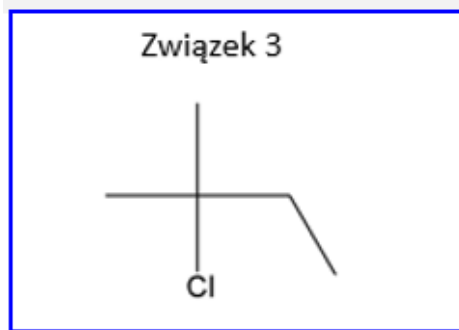
- $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-C}(\text{CH}_3)(\text{Cl})\text{-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{HCl}$
- substraty: 2-metylobutan oraz chlor, produkt: 2-chloro-2-metylobutan

c) wskaż, które z załączonych widm IR jest widmem związku 3 i uzasadnij swoją odpowiedź



C-Cl rozciągające 600-800

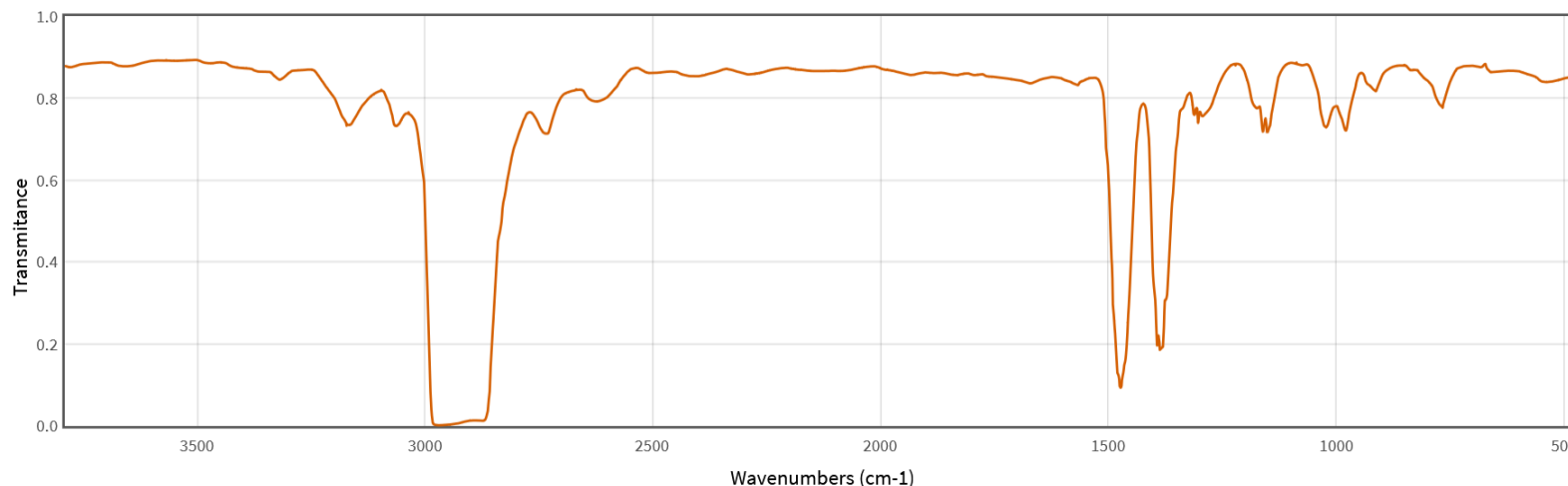
Przykład 2



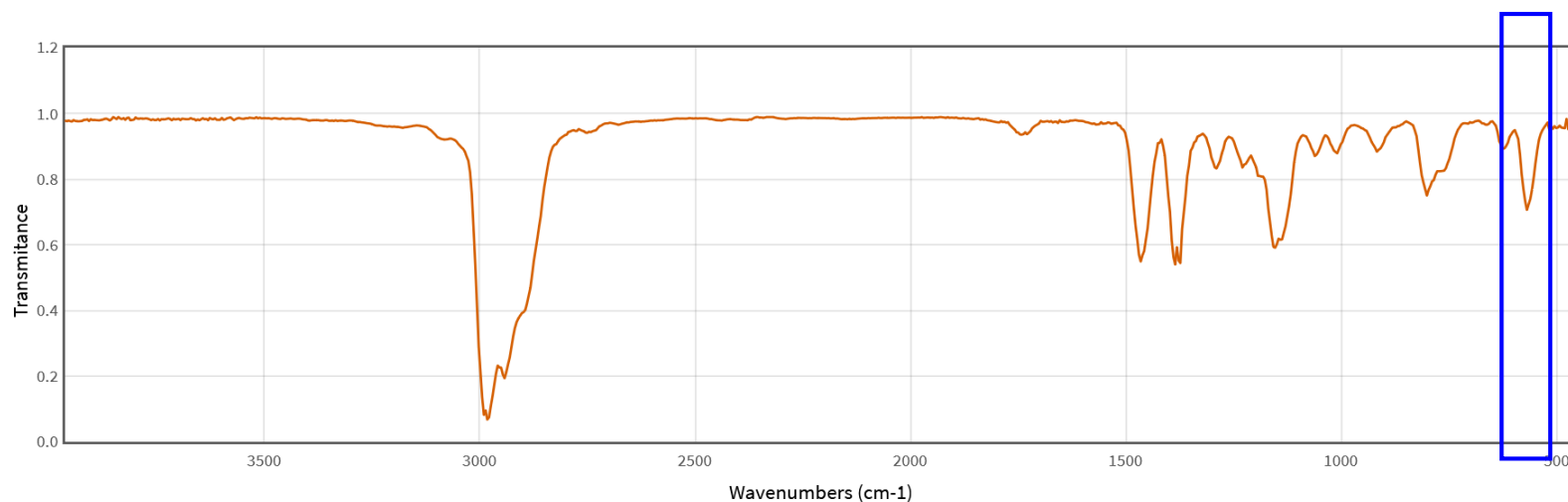
Rozwiązanie przykładu 2:

c) widmo nr 2 jest widmem IR związku 3. Widoczne jest pasmo w zakresie 600-800 cm^{-1} charakterystyczne dla drgań rozciągających C-Cl.

widmo nr 1



widmo nr 2



Dane są dwa związki A i B. Jeden z nich jest alkoholem (związek A) a drugi kwasem karboksylowym (związek B).

a) wskaż którego ze związków widmo IR zaprezentowano poniżej? Uzasadnij odpowiedź.

alkohole:

grupa hydroksylowa –OH

kwasy karboksylowe:

grupa karboksylowa –COOH

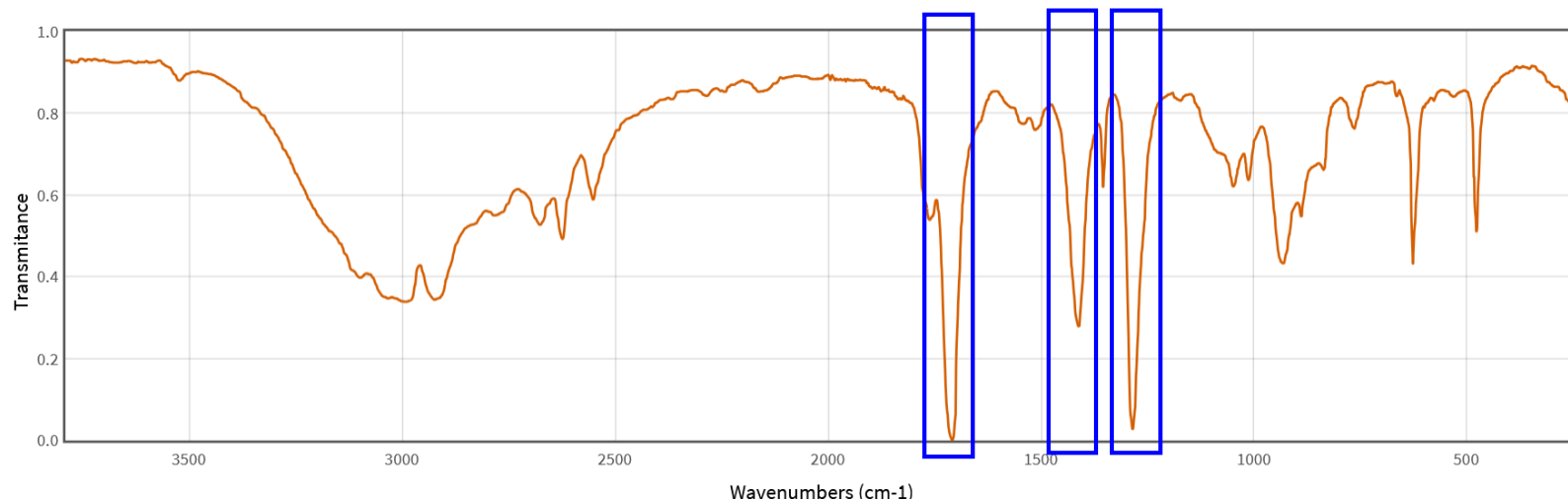
grupa karbonylowa –C=O

grupa hydroksylowa –OH

Rozwiązanie przykładu 3:

- a) zaprezentowano widmo IR związku B- kwasu karboksylowego. Na widmie widoczne jest silne pasmo w zakresie 1660-1870 cm^{-1} odpowiadające drganiom rozciągającym grupy C=O. Widoczne jest również pasmo w zakresie 1210-1320 cm^{-1} odpowiadające drganiom rozciągającym C-O. Ponadto widoczne jest pasmo w zakresie 1395-1440 cm^{-1} odpowiadające drganiom zginającym O-H.

O-H alkohole i fenole	rozciągające	3584-3700
O-H alkohole i fenole	zginające	1330-1420
C-O alkohole i fenole	rozciągające	1000-1260
O-H kwasy karboksylowe (tworząca wiązanie wodorowe)	rozciągające	3520
C=O kwasy karboksylowe	rozciągające	1660-1870
C-O i O-H kwasy karboksylowe	rozciągające C-O i zginające O-H	1210-1320 1395-1440





W trzech probówkach umieszczono wodne roztwory: heksanal, 2-heksanonu oraz kwasu heksanowego.

a) zaproponuj metodę ich rozróżnienia

aldehyd

keton

kwas karboksylowy

-CHO

R-CO-R'

R-COOH

Rozwiązanie przykładu 4:

a) za pomocą papierka lakmusowego, który zabarwi się na czerwono zidentyfikuję probówkę z kwasem heksanowym. Dla pozostałych dwóch próbek stosuję próbę Trommera lub Tollensa. W probówce w której wynik będzie pozytywny znajduje się aldehyd-heksanal.

b) przyporządkuj zamieszczone widma IR do nazw substancji



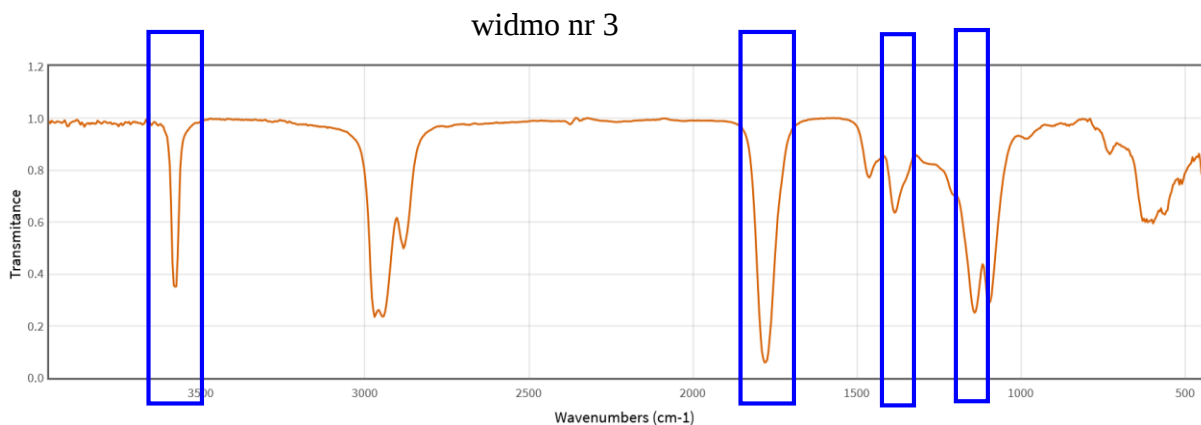
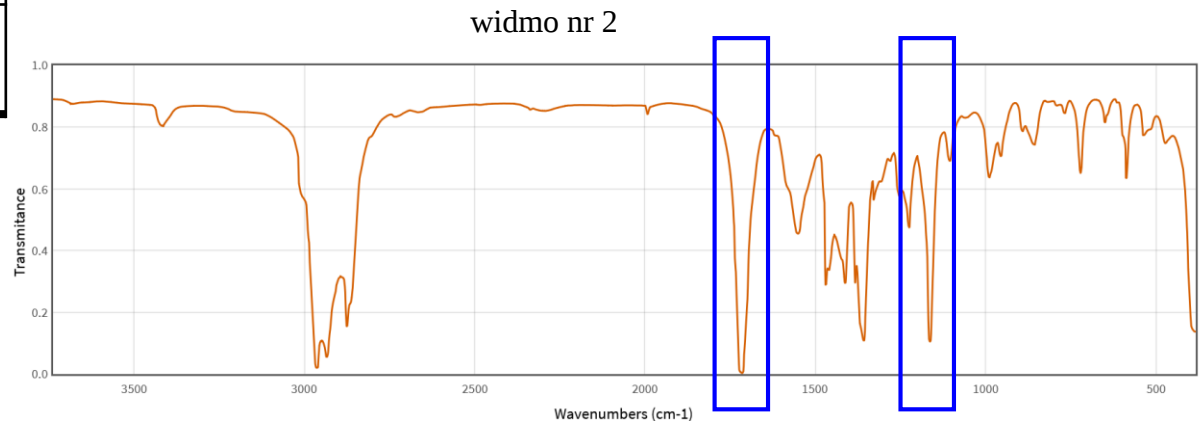
C=O ketony, aldehydy, kwasy karboksylowe, estry karboksylowe, amidy	rozciągające	1540-1870
C-C(=O)-C ketony	rozciągające i zginające	1100-1300
C=O aldehydy	rozciągające	1720-1740
C-H aldehydy	rozciągające	2695-2830
O-H kwasy karboksylowe (tworząca wiązanie wodorowe)	rozciągające	3520
C=O kwasy karboksylowe	rozciągające	1660-1870
C-O i O-H kwasy karboksylowe	rozciągające C-O i zginające O-H	1210-1320 1395-1440

b) widmo nr 1 pochodzi od heksanal, widmo nr 2 pochodzi od 2-heksanonu, widmo nr 3 pochodzi od kwasu heksanowego.

Na widmie nr 1 widoczne jest pasmo w zakresie 1720-1740 cm^{-1} odpowiadające drganiom rozciągającym grupy C=O. Ponadto widoczne jest pasmo w zakresie 2695-2830 cm^{-1} odpowiadające drganiom rozciągającym C-H. Są to pasma charakterystyczne dla aldehydów. Widmo 1 pochodzi od heksanal.

Na widmie nr 2 widoczne jest pasmo w zakresie 1540-1870 cm^{-1} charakterystyczne dla drgań rozciągających C=O. Ponadto widoczne jest pasmo w zakresie 1100-1300 cm^{-1} odpowiadające drganiom rozciągającym i zginającym grupy C-C(=O)-C. Są to pasma charakterystyczne dla ketonów. Widmo 2 pochodzi od 2-heksanonu.

Na widmie nr 3 widoczne jest pasmo w zakresie 3520 cm^{-1} charakterystyczne dla drgań rozciągających grupy O-H. Ponadto widoczne jest pasmo w zakresie 1660-1870 cm^{-1} charakterystyczne dla drgań rozciągających grupy C=O. Widoczne są również pasma w zakresie 1210-1320 cm^{-1} (drganie rozciągające C-O) oraz 1395-1440 cm^{-1} (drganie zginające O-H). Są to pasma charakterystyczne dla kwasów. Widmo 3 pochodzi od kwasu heksanowego.



Masa cząsteczkowa pewnego alkinu wynosi 68 g/mol.

- wykorzystując wzór ogólny tej grupy węglowodorów, wyznacz wzór sumaryczny tego związku.
- zidentyfikuj, które spośród podanych widm IR jest dla niego charakterystyczne. Odpowiedź uzasadnij.



Rozwiązanie przykładu 5:

a) $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$

gdzie n to ilość atomów węgla

$$12n + 2n - 2 = 68$$

$$14n = 70$$

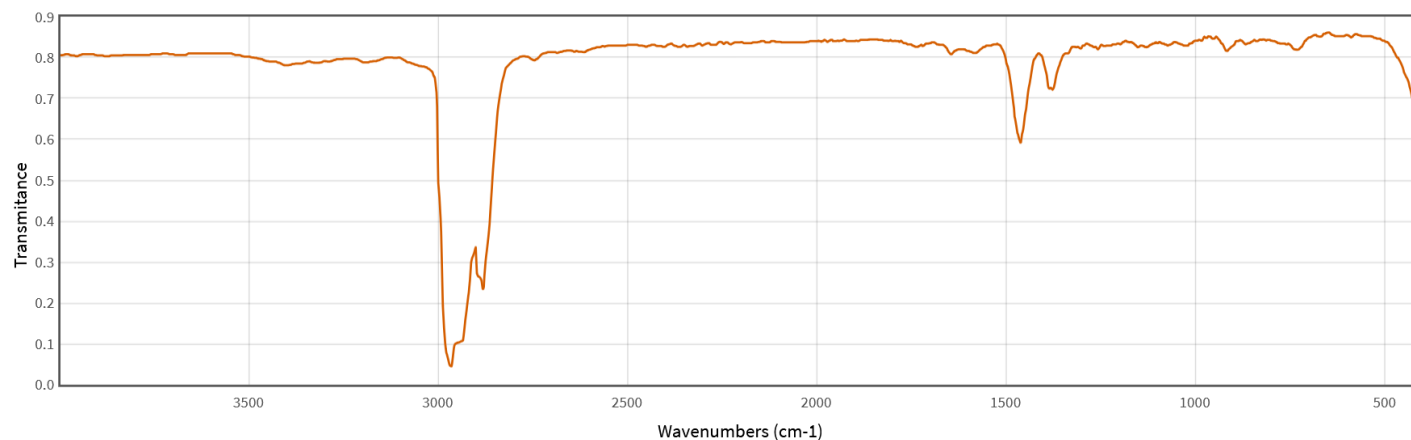
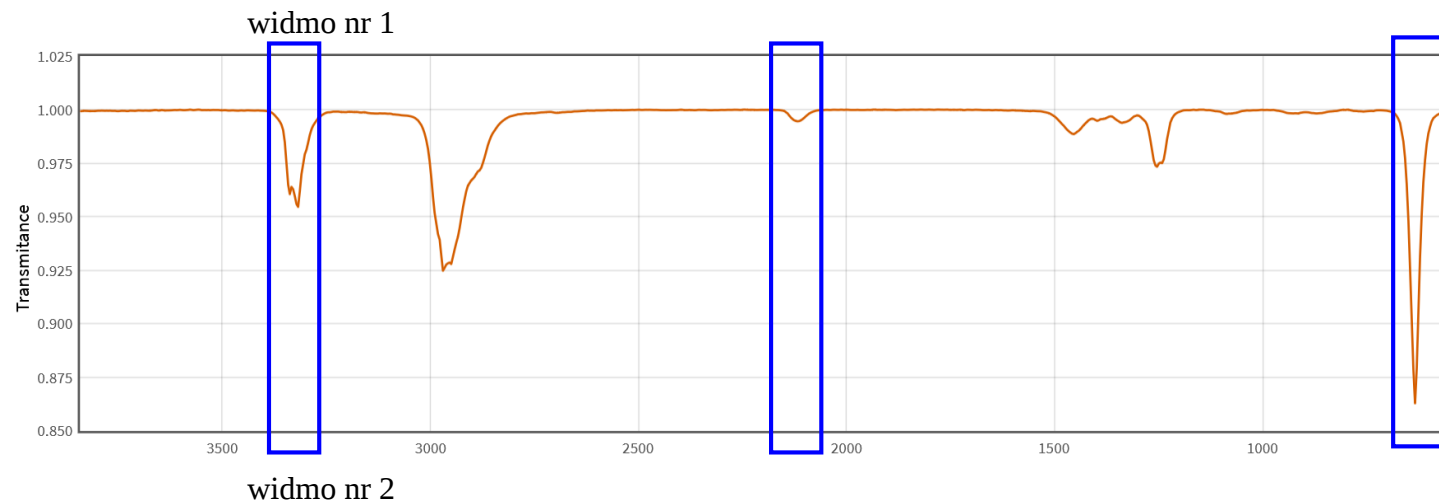
$$n = 5$$

Alkin ma 5 atomów węgla

Wzór przyjmuje więc postać: C_5H_8 jest to pentyn

- widmo związku nr 1 to widmo IR charakterystyczne dla pentynu. W zakresie $2100\text{--}2260\text{ cm}^{-1}$, widoczne jest pasmo absorpcji pochodzące od drgań rozciągających grupy $\text{C}\equiv\text{C}$. Ponadto widoczne jest pasmo charakterystyczne dla drgań rozciągających C-H ($3267\text{--}3333\text{ cm}^{-1}$). W zakresie daktyloskopowym widoczne jest pasmo drgań zginających C-H ($610\text{--}700\text{ cm}^{-1}$).

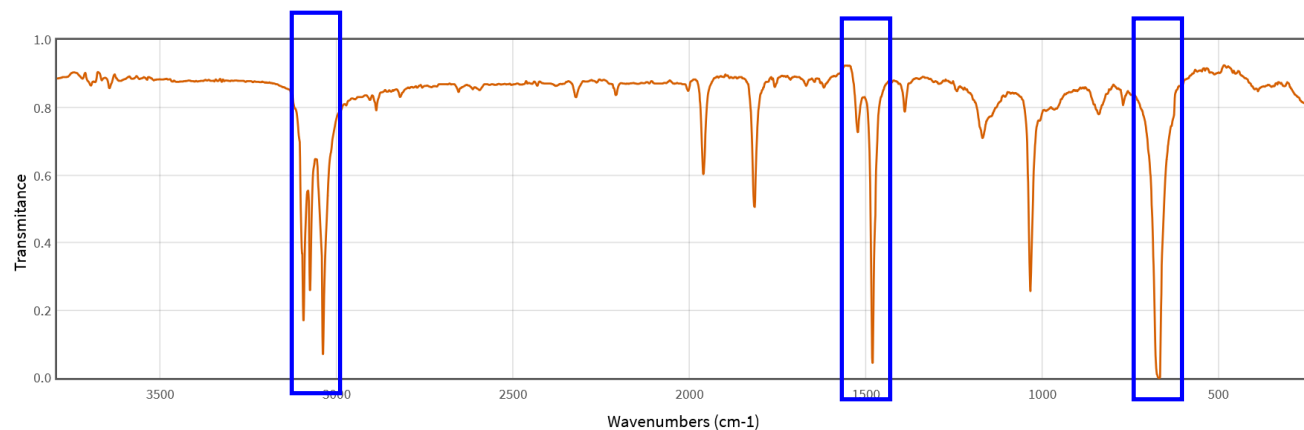
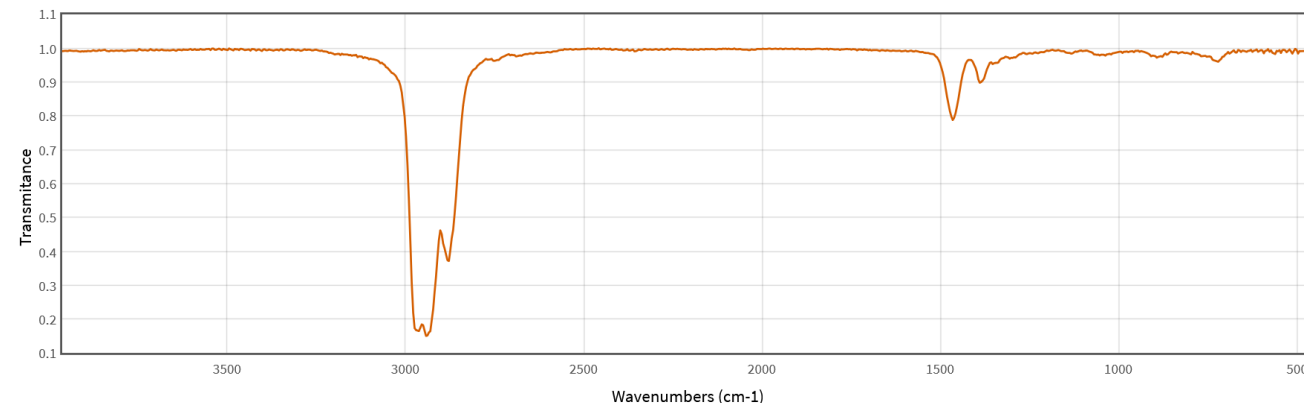
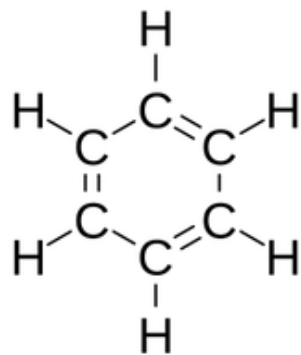
$\text{C}\equiv\text{C}$ alkiny	rozciągające	2100-2260
C-H alkiny	rozciągające	3267-3333
C-H alkiny	zginające	610-700



Które z poniższych widm IR jest charakterystyczne dla benzenu? Uzasadnij odpowiedź.



Zadanie 1



Rozwiązanie zadania 1:

Widmo nr 2 jest widmem IR dla benzenu. Świadczą o tym pasma drgań rozciągających C-H w zakresie powyżej 3000 cm⁻¹. Ponadto na widmie widoczne jest pasmo w zakresie 1500-1610 cm⁻¹ charakterystyczne dla drgań rozciągających grupy C=C. Pasma drgań deformacyjnych C-H widoczne są w zakresie poniżej 900 cm⁻¹.





Wykorzystując prawo Lamberta-Beera oraz poniższe dane oblicz długość drogi optycznej w warstwie roztworu.

$$A=0,6 [-]$$

$$c=0,003 [\text{mol/dm}^3]$$

$$\epsilon=200 [\text{dm}^3/\text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}]$$

Rozwiązanie zadania 2:

Postać ogólna prawa Lamberta-Beera

$$A=\epsilon c l$$

Wzór po przekształceniu:

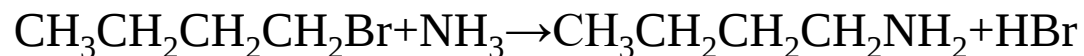
$$l = \frac{A}{\epsilon c} = \frac{0,6}{200 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{cm}} * 0,003 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}} = 1 \text{ cm}$$

Długość drogi optycznej w warstwie roztworu wynosi 1 cm.



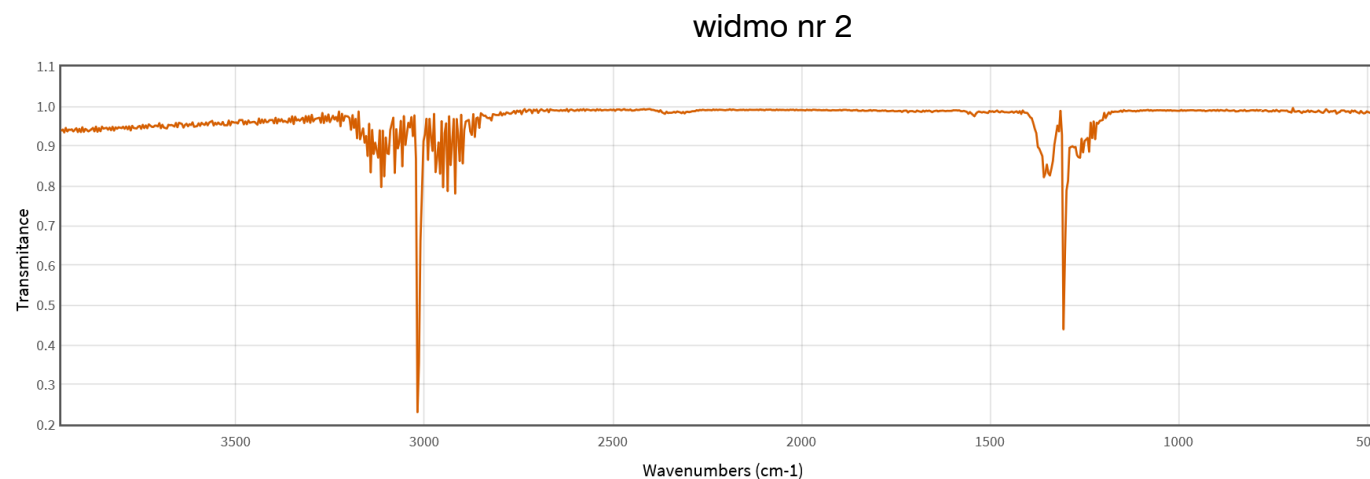
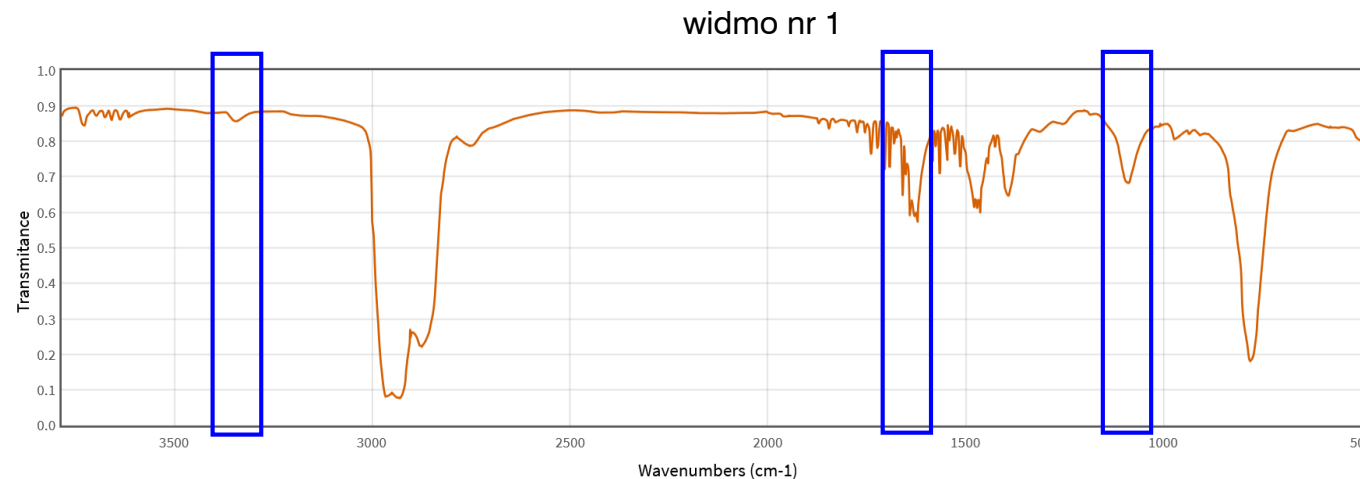
Zaproponuj reakcję powstawania 1-butyloaminy. Spośród dwóch dostępnych widm IR, wskaż które z nich należy do tego związku. Odpowiedź uzasadnij.

Rozwiązanie zadania 3:



N-H aminy	rozciągające	3250-3600
N-H aminy	zginające	1580-1650
C-N aminy	rozciągające	1020-1250

Widmo nr 1 jest widmem 1-butyloaminy. Charakterystyczne pasmo związane z drganiami rozciągającymi N-H widoczne jest w zakresie 3250-3600 cm⁻¹. Drugim charakterystycznym pasmem jest pasmo w zakresie 1580-1650 cm⁻¹ odpowiadające drganiom zginającym grupy N-H. Widoczne jest również pasmo charakterystyczne dla drgań rozciągających C-N w zakresie 1020-1250 cm⁻¹.





Dwa węglowodory mają taki sam skład atomowy. Na widmie IR związku A widoczne jest pasmo w zakresie 1640-1667 cm^{-1} oraz powyżej 3000 cm^{-1} . Na widmie IR związku B widoczne jest pasmo w zakresie 2800-3000 cm^{-1} i brak innych wyraźnych pasm. Który ze związków jest nienasycony?

Rozwiązanie zadania 4:

Związkiem nienasyconym jest związek A, ponieważ zawiera drganie charakterystyczne dla grupy C=C widoczne w postaci pasma w zakresie 1640-1667 cm^{-1} oraz wiązanie C-H widoczne w postaci pasma w zakresie powyżej 3000 cm^{-1} . Związek B to alkan, ponieważ zawiera pasmo w zakresie 2800-3000 cm^{-1} odpowiadające drganiom C-H.

Zadanie 4

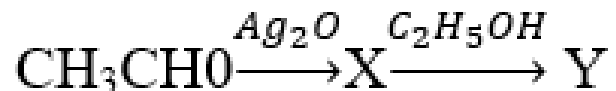


☐	C-H alkeny	rozciągające	powyżej 3000	☐
	C-H alkeny	zginające	600-1000	
☐	C=C alkeny	rozciągające	1640-1667	☐
	C=C aromatyczne	rozciągające	1500-1610	
	grupy metylowe alkany rozgałęziony łańcuch	zginające	1500	
	grupy metylenowe alkany	zginające	1465 nożycowe	
	grupy metylenowe alkany	skręcające i wachlarzowe	1150-1350	
	C-C alkany	rozciągające	800-1200	
	grupy metylowe alkany	zginające	1375 sym 1450 as	
	grupy metylenowe alkany	wahadłowe	720	
	C-H cykloalkany	rozciągające	2990-3100	
	grupy metylowe alkany	rozciągające	2962 as 2872 sym	
	grupy metylenowe alkany	rozciągające	2926 as 2853 sym	

węglowodór nienasycony to węglowodór, który zawiera **przynajmniej jedno wiązanie wielokrotne** między atomami węgla



Dany jest schemat:



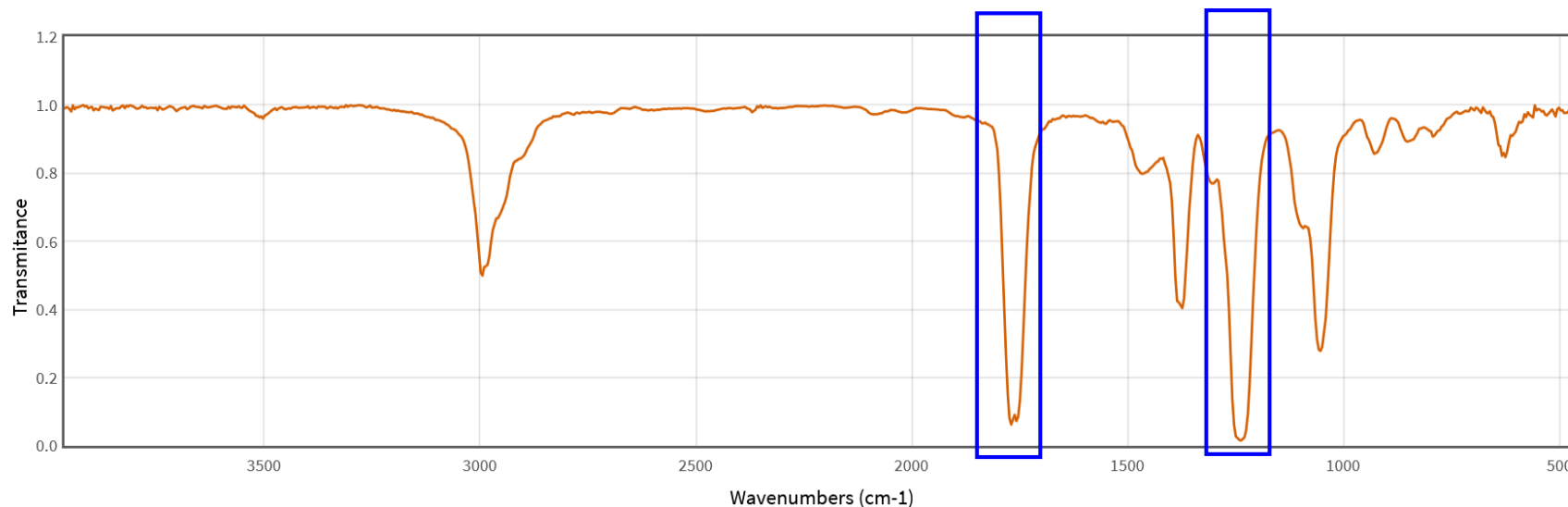
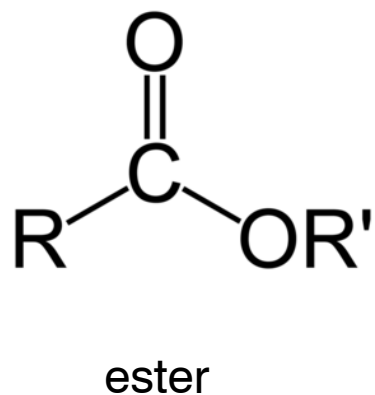
- napisz równania reakcji, które zostały przedstawione na schemacie
- nazwij związek Y
- oznacz i opisz pasma charakterystyczne dla tej grupy związków występujące na widmie IR

Rozwiązanie zadania 5:

- $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{Ag}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{Ag}$
 $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$
- octan etylu
- pasmo charakterystyczne dla drgań rozciągających C=O w zakresie $1735\text{--}1750\text{ cm}^{-1}$

pasmo charakterystyczne dla drgań rozciągających C-O w zakresie $1000\text{--}1300\text{ cm}^{-1}$

C=O estry	rozciągające	1735-1750
C-O estry	rozciągające	1000-1300





Dane są dwa związki o podobnym szkielecie węglowym. Związek A należy do grupy alkoholi, związek B należy do grupy eterów. Oba związki mają podobny szkielet węglowy.

- przedstaw wzory ogólne omawianych klas związków
- w jaki sposób można je odróżnić na podstawie widma IR?

Zadanie 6

O-H alkohole i fenole	rozciągające	3584-3700
O-H alkohole, fenole (OH tworząca wiązanie wodorowe)	rozciągające	3000-3550
O-H alkohole i fenole	zginające	1330-1420
C-O alkohole i fenole	rozciągające	1000-1260
C-O etery	rozciągające	1085-1150

Rozwiązanie zadania 6:

- wzór ogólny alkoholi $R-OH$
wzór ogólny eterów $R-O-R'$

b) na widmie IR charakterystycznym dla alkoholi będzie widoczne szerokie pasmo w zakresie $3584-3700\text{ cm}^{-1}$ charakterystyczne dla drgań rozciągających O-H. Na widmie IR charakterystycznym dla eterów brak tego pasma.





Na widmie IR nieznanego związku widoczne jest silne pasmo w zakresie 2200-2400 cm^{-1} . Nie są widoczne pasma pochodzące od grup C=O oraz O-H.

Zidentyfikuj możliwą grupę funkcyjną występującą w tym związku i zaproponuj jego wzór sumaryczny.

Zadanie 7

$\text{C}\equiv\text{N}$ nitryle	rozciągające	2200-2400
----------------------------------	--------------	-----------

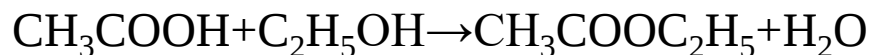
Rozwiązanie zadania 7:

Pasmo w zakresie 2200-2400 cm^{-1} jest charakterystyczne dla grupy nitrylowej $-\text{C}\equiv\text{N}$
Przykładowym związkiem może być: acetonitryl (CH_3CN), wzór sumaryczny $\text{C}_2\text{H}_3\text{N}$



Napisz równanie reakcji estryfikacji kwasu etanowego z etanolem. Nazwij produkt reakcji. Opisz jakie zmiany na widmie IR wskażą, że reakcja zaszła.

Rozwiązanie zadania 8:



Produktami reakcji są octan etylu oraz woda.

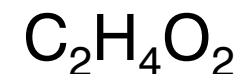
Na widmie IR zaobserwujemy zanik szerokiego pasma charakterystycznego dla drgań rozciągających grupy O-H w kwasach przy częstości 3520 cm^{-1} oraz przesunięcie pasma charakterystycznego dla drgań rozciągających C=O do zakresu $1735-1750 \text{ cm}^{-1}$. Widoczne będzie również pasmo w zakresie $1000-1300 \text{ cm}^{-1}$ charakterystyczne dla drgań rozciągających C-O.

O-H alkohole i fenole	rozciągające	3584-3700
O-H alkohole, fenole (OH tworząca wiązanie wodorowe)	rozciągające	3000-3550
O-H alkohole i fenole	zginające	1330-1420
C-O alkohole i fenole	rozciągające	1000-1260
C=O estry	rozciągające	1735-1750
C-O estry	rozciągające	1000-1300
C=O ketony, aldehydy, kwasy karboksylowe, estry karboksylowe, amidy	rozciągające	1540-1870
O-H kwasy karboksylowe (tworząca wiązanie wodorowe)	rozciągające	3520
C=O kwasy karboksylowe	rozciągające	1660-1870
C-O i O-H kwasy karboksylowe	rozciągające C-O i zginające O-H	1210-1320 1395-1440

Dwa związki o wzorze sumarycznym $C_2H_4O_2$ mają różne widma IR. Na widmie IR dla związku A widoczne jest szerokie pasmo przy 3520 cm^{-1} oraz pasmo w zakresie $1660\text{--}1870\text{ cm}^{-1}$. Na widmie IR dla związku B widoczne jest pasmo w zakresie $1735\text{--}1750\text{ cm}^{-1}$, oraz brak szerokiego pasma w zakresie $2500\text{--}3300\text{ cm}^{-1}$. Zidentyfikuj, który ze związków jest kwasem karboksylowym. Odpowiedź uzasadnij.

Rozwiązanie zadania 9:

Związek A jest kwasem karboksylowym, ponieważ posiada pasmo przy 3520 cm^{-1} charakterystyczne dla drgań rozciągających O-H oraz w zakresie $1660\text{--}1870\text{ cm}^{-1}$ charakterystyczne dla drgań rozciągających C=O. Związek B jest estrem posiada pasmo w zakresie $1735\text{--}1750\text{ cm}^{-1}$ charakterystyczne dla drgań rozciągających C=O oraz brak pasma w zakresie $2500\text{--}3300\text{ cm}^{-1}$.



$CH_3\text{--COOH}$ kwas etanowy
 $H\text{--COO--CH}_3$ metanian metylu

C=O estry	rozciągające	1735-1750
C-O estry	rozciągające	1000-1300
C=O ketony, aldehydy, kwasy karboksylowe, estry karboksylowe, amidy	rozciągające	1540-1870
O-H kwasy karboksylowe (tworząca wiązanie wodorowe)	rozciągające	3520
C=O kwasy karboksylowe	rozciągające	1660-1870
C-O i O-H kwasy karboksylowe	rozciągające C-O i zginające O-H	1210-1320 1395-1440



Masa cząsteczkowa pewnego alkanu wynosi 128 g/mol.

- wykorzystując wzór ogólny tej grupy węglowodorów, wyznacz wzór sumaryczny tego związku
- zidentyfikuj, które spośród podanych widm IR jest dla niego charakterystyczne. Odpowiedź uzasadnij.

Zadanie 10

Rozwiązanie zadania 10:

a) C_nH_{2n+2}

gdzie n to ilość atomów węgla

$$12n + 2n + 2 = 128$$

$$14n = 126$$

$$n = 9$$

Alken ma 9 atomów węgla

Wzór przyjmuje więc postać: C_9H_{20} jest to nonan



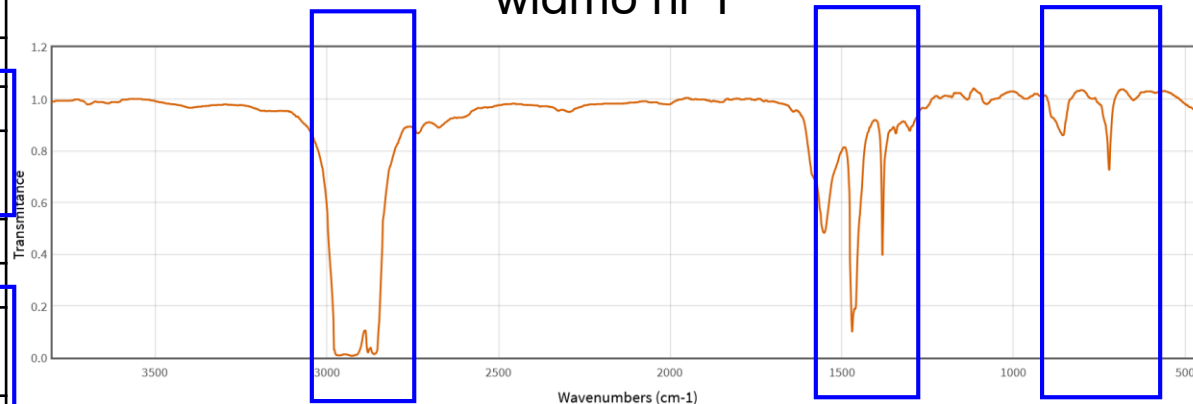
Masa cząsteczkowa pewnego alkanu wynosi 128 g/mol.

b) zidentyfikuj, które spośród podanych widm IR jest dla niego charakterystyczne. Odpowiedź uzasadnij.

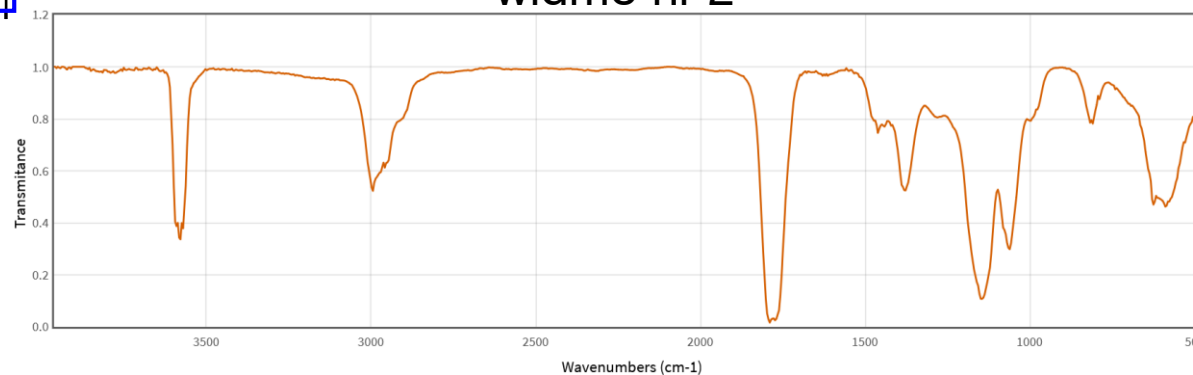
Zadanie 10

grupy metylowe alkany rozgałęziony łańcuch	zginające	1500
grupy metylenowe alkany	zginające	1465 nożycowe
grupy metylenowe alkany	skręcające i wachlarzowe	1150-1350
C-C alkany	rozciągające	800-1200
grupy metylowe alkany	zginające	1375 sym 1450 as
grupy metylenowe alkany	wahadłowe	720
C-H cykloalkany	rozciągające	2990-3100
grupy metylowe alkany	rozciągające	2962 as 2872 sym
grupy metylenowe alkany	rozciągające	2926 as 2853 sym

widmo nr 1



widmo nr 2



Rozwiązanie zadania 10:

b) widmo związku nr 1 to widmo IR charakterystyczne dla nonanu. Na widmie nr 1 widoczne są pasma w zakresie 2850-3000 cm^{-1} , które odpowiadają drganiom rozciągającym wiązań C-H. Widoczne są również pasma w zakresie 1350-1500 cm^{-1} , które odpowiadają drganiom zginającym C-H. Na widmie występują także pasma w zakresie 800-1200 cm^{-1} odpowiadające drganiom rozciągającym C-C.



**LABORATORIUM
TAJEMNIC**

Dziękujemy

Zapraszamy do kontaktu:

biuro@fundacja.p.lodz.pl



**FUNDACJA
POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ**



**Ministerstwo
Edukacji Narodowej**

Dofinansowano ze środków Budżetu Państwa, których dysponentem jest Ministerstwo Edukacji Narodowej