## PRZYKŁADY WYKORZYSTANIA TECHNOLOGII INFORMACYJNEJ W EDUKACJI PRZYRODNICZEJ



## Toruń 2008

Józefina Turło Andrzej Karbowski, Krzysztof Służewski Grzegorz Osiński, Zygmunt Turło

## PRZYKŁADY WYKORZYSTANIA TECHNOLOGII INFORMACYJNEJ W EDUKACJI PRZYRODNICZEJ

Część zadań została opracowana w ramach projektu EU ISE 226382-CP-1SK-Comenius-C2

## Wydanie II

Redaktor: Józefina Turło



Pracownia Metodyki Eksperymentu Fizycznego Instytut Fizyki Uniwersytet Mikołaja Kopernika ul. Grudziądzka 5, 87-100 TORUŃ

Toruń 2008

#### Pracownia Metodyki Eksperymentu Fizycznego

Instytut Fizyki, Uniwersytet Mikołaja Kopernika ul. Grudziądzka 5, 87 – 100 Toruń Tel: (056) 61-13-253, fax: (056) 62-25-397

#### **Redaktor:**

Józefina Turło

## Opracowanie komputerowe tekstu:

Krzysztof Służewski

#### Wydanie II

#### © Copyright by Pracownia Metodyki Eksperymentu Fizycznego

Toruń 2008

#### Podziękowania:

Serdecznie dziękujemy Komisji Europejskiej UE, Wydziałowi ds. *Socrates, Leonardo and Youth programmes,* za wsparcie finansowe w ramach grantu programu SOCRATES COMENIUS 2.1 - EU ISE 226382-CP-1SK, które umożliwiło nam zakup sprzętu i oprogramowania niezbędnego dla opracowania zamieszczonych w tym skrypcie zadań, a w szczególności zadań zaprojektowanych przez współpracujących w naszej sieci nauczycieli.

#### PRZYKŁADY WYKORZYSTANIA TECHNOLOGII INFORMACYJNEJ W EDUKACJI PRZYRODNICZEJ

## SPIS ZADAŃ

I.	Komputerowo Wspomaganie Laboratorium Przyrodnicze	_
1. • •	<ul> <li>Wstęp</li> <li>Doświadczenia z mechaniki</li> <li>Badanie praw dynamiki z wykorzystaniem toru powietrznego</li> <li>Badanie praw spadku swobodnego, sprawdzanie prawa Galileusza</li> <li>Badanie ruchu obrotowego na wirującej tarczy</li> <li>Badanie parametrów ruchu z wykorzystaniem dopplerowskiego komputerowego miernika położenia</li> <li>Poznanie zasady działania i sposobów wykorzystania systemu satelitarnego</li> <li>GPS (Global Positioning System)</li> </ul>	8 10 14 16 23
2. •	<b>Doświadczenia z akustyki</b> Drgania i fale akustyczne, komputerowa analiza dźwięku Pomiar hałasu i infradźwięków w środowisku. Badanie słuchu	30 35
3. • •	Doświadczenia dotyczące zjawisk termicznych i termoelektrycznych Pomiar wilgotności powietrza oraz badanie zjawisk cieplnych z wykorzystaniem rejestratora danych Komputerowe badanie zjawisk odwracalnych na przykładzie efektu Peltiera, zdalne pomiary temperatury z wykorzystaniem pirometru RAYTEK Badanie skuteczności chłodzenia za pomocą ogniwa Peltiera (lodówka elektroniczna)	40 48 56
4. • •	Doświadczenia z zakresu elektromagnetyzmu, optyki i fizyki jądrowej Sprawdzanie zależności pomiędzy natężeniem prądu płynącym w zwojnicy a wytworzoną indukcją pola magnetycznego Wykorzystanie komputerowych autonomicznych rejestratorów danych do badania promieniowania ultrafioletowego i podczerwonego Badanie zjawiska elektro-sedymentacji miedzi - fraktale Badanie promieniowania jonizującego wspomagane komputerowo	67 70 74 79
5. • •	<b>Doświadczenia chemiczne i biologiczne</b> Wpływ różnych czynników na szybkość reakcji chemicznych Badanie procesu fermentacji mleka Badanie wpływu leków na pH soku żołądkowego oraz kwasowości wody Monitorowanie fotosyntezy i oddychania roślin	92 101 109 116
Π	. Symulacje i modelowanie	
1. 2. 3. 4.	Ruchy Browna: obserwacje, symulacje komputerowe, interaktywne wideo Zjawiska termodynamiczne: Gaz doskonały – przemiany, energia wewnętrzna, I zasada termodynamiki Rozpad promieniotwórczy jąder atomowych Symulacje z optyki	122 127 132 137

## WSTĘP

Komputery są obecnie jednym z podstawowych czynników decydujących o charakterze i rozwoju naszej cywilizacji. Jeżeli więc jakiekolwiek społeczeństwo w erze gwałtownego rozwoju technologii informacyjno-komunikacyjnych chce osiągnąć sukces cywilizacyjny, naukę z wykorzystaniem komputera i o samym komputerze, musi zacząć od szkoły. Zastosowanie komputerów w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych jest szczególnie uzasadnione. Przyrodnik badając otaczającą rzeczywistość, obserwuje ją, dokonuje pomiarów, rejestruje wyniki, opracowuje je, modeluje badane sytuacje i sprawdza poprawność tych modeli, a opisane wyniki prac rozpowszechnia. We wszystkich tych czynnościach pomocny może być komputer. Tak więc, spełniając podstawowy postulat współczesnej dydaktyki o upodobnieniu procesu nauczania do procesu badania, elementy technologii informacyjno-komunikacyjnej (ICT- Information and Comunication Technology) winny stać się integralną częścią nauczania przedmiotów przyrodniczych. Zdobycie podstawowych kompetencji w zakresie posługiwania się tą technologią w trakcie szkolnej edukacji przyrodniczej w Europie zakładają na ogół "Podstawy programowe obowiązkowych przedmiotów ogólnokształcących.

Wiele programów kształcenia nauczycieli przedmiotów przyrodniczych na świecie, obok wykształcenia takich umiejętności informatycznych, jak przekazywanie i przetwarzanie informacji oraz posługiwanie się nimi (np. poprzez użycie edytorów tekstu i grafiki oraz komputerowych baz danych i arkuszy kalkulacyjnych), przeprowadzania komputerowego pomiaru dydaktycznego i posługiwania się siecią, zakłada nabycie umiejętności komputerowo wspomaganych pomiarów w środowisku przyrodniczym oraz modelowania zjawisk, zdarzeń i procesów w nim zachodzących. Nauczyciele muszą przy tym wiedzieć, kiedy użycie technologii informacyjnej na lekcji o przyrodzie, w środowisku przyrodniczym i dla tego środowiska jest efektywne, a kiedy jej użycie będzie mniej skuteczne lub niewłaściwe.

Nauczanie przyrody może być wspomagane poprzez użycie różnorodnych, aktualnie dostępnych środków, narzędzi i metod technologii informacyjnej. Zawsze jednak, podczas lekcji z wykorzystaniem komputera, należy brać pod uwagę ich efektywność poznawczą w stosunku do tradycyjnych metod nauczania. Nikt już dzisiaj nie kwestionuje, że najwłaściwszym i najbardziej efektywnym sposobem wykorzystania komputera w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych są **komputerowo wspomagane pomiary w środowisku naturalnym lub w laboratorium** (za pomocą różnego typu detektorów i czujników), ich zapis - rejestracja danych w pamięci komputera, (ang. datalogging) oraz dynamiczna prezentacja wyników i ich opracowanie w trakcie badań (pomiar on-line) lub bezpośrednio po przeprowadzonych badaniach (pomiar off-line).

Podczas tego typu pomiarów komputer wykorzystywany jest w charakterze uniwersalnego i wygodnego przyrządu do pomiarów w czasie rzeczywistym różnych wielkości używanych w fizyce, chemii, biologii, czy geografii, jak np. położenie (prędkość, przyspieszenie, pęd, energia), czas (siła, częstotliwość drgań, przesunięcie fazowe, współrzędne geograficzne położenia obserwatora), napięcie elektryczne (natężenie prądu elektrycznego, natężenie światła, natężenie dźwięku i infradźwięków, natężenie pola elektrycznego, oporność, pojemność, temperatura, ciśnienie, EKG, pH, zawartość tlenu w wodzie i in.), a także ilość impulsów będących następstwem promieniowania jonizującego.

Metoda komputerowo wspomaganych pomiarów może być technicznie realizowana na wiele sposobów. Ostatnio, zamiast instalowania wewnątrz komputera (stacjonarnego bądź przenośnego) dodatkowych kart przetworników, które przetwarzają sygnały analogowe na cyfrowe coraz częściej wykorzystuje się możliwość przesyłania sygnałów pomiarowych bezpośrednio do standardowych portów komputera (w tym głównie portu szeregowego RS 232), pełniących rolę interfejsów, dzięki zastosowaniu znacznie prostszych (tańszych) układów, tzw. adapterów, łączących urządzenia zewnętrzne z komputerem. Natomiast do badań parametrów stanu środowiska, gdzie istotne jest gromadzenie danych w długich odstępach czasu i z różnych miejsc bez udziału obserwatora powszechnie używa się programowalnych, komputerowych, (opartych na różnego typu mikrokontrolerach) autonomicznych rejestratorów danych (ang. dataloggers).

Pracownia Metodyki Eksperymentu Fizycznego IF UMK od czasu dostępności w Polsce pierwszych mikrokomputerów osobistych opracowuje i rozwija zarówno rozwiązania sprzętowe i programowe, jak również współpracując z nauczycielami - propozycje wykorzystania komputerów w edukacji przyrodniczej uważając, iż jedynie właściwe połączenie tych wszystkich elementów może być efektywne.

W pracy nad różnorodnymi zastosowaniami komputerów, przydatnymi w praktyce szkolnej wykorzystujemy również szereg najlepszych rozwiązań zagranicznych, jak nagrodzone na wystawie World Didactic" holenderskie oprogramowanie COACH JUNIOR, angielskie programy do opracowania danych z rejestratorów firmy LogIT- SoftLab i Insight oraz czujniki i oprogramowanie innych firm.

Dysponując odpowiednim sprzętem (hardware) i oprogramowaniem (software) możemy zarówno studentom przedmiotów przyrodniczych, przygotowującym się do zawodu nauczyciela, jak również Słuchaczom Studiów Podyplomowych i innym nauczycielom,

w ramach kursów dokształcających) zaproponować realizację wielu różnorodnych eksperymentalnych zadań przyrodniczych wspomaganych technologią informacyjną. Zadania dotyczą najczęściej zagadnień interdyscyplinarnych lub zagadnień przedmiotowych ważnych w edukacji przyrodniczej nie tylko dla fizyków, a także zagadnień z zakresu chemii i biologii. Są to takie zadania, jak:

doświadczenia z mechaniki (Badanie praw dynamiki z wykorzystaniem toru powietrznego, Badanie praw spadku swobodnego, sprawdzanie prawa Galileusza, Badanie ruchu obrotowego na wirującej tarczy, Badanie parametrów ruchu z wykorzystaniem dopplerowskiego komputerowego miernika położenia, Poznanie zasady działania i sposobów wykorzystania systemu satelitarnego GPS), doświadczenia z akustyki (Drgania i fale akustyczne, komputerowa analiza dźwięku, Pomiar hałasu i infradźwięków w środowisku. Badanie słuchu), doświadczenia dotyczące zjawisk termicznych i termoelektrycznych (Pomiar wilgotności powietrza oraz badanie zjawisk cieplnych z wykorzystaniem rejestratora danych, Komputerowe badanie zjawisk odwracalnych na przykładzie efektu Peltiera, zdalne pomiary temperatury z wykorzystaniem pirometru RAYTEK, Badanie skuteczności chłodzenia za ogniwa Peltiera lodówka elektroniczna), doświadczenia pomoca Z zakresu elektromagnetyzmu, optyki i fizyki jądrowej (Sprawdzenie zależności pomiędzy natężeniem pradu płynącym w zwojnicy a wytworzoną indukcją pola magnetycznego, Wykorzystanie komputerowych autonomicznych rejestratorów danych do badania promieniowania ultrafioletowego i podczerwonego, Badanie zjawiska elektrosedymentacji miedzi - fraktale, Badanie promieniowania jonizującego wspomagane komputerowo, doświadczenia chemiczne i biologiczne (Wpływ różnych czynników na szybkość reakcji chemicznych, Badanie procesu fermentacji mleka, Badanie wpływu niektórych leków na pH soku żołądkowego, Monitorowanie fotosyntezy i oddychania roślin, Badanie kwasowości wody.

Oprócz komputerowo wspomaganych eksperymentów laboratoryjnych przedstawiamy również kilka przykładów zastosowania innych metod wspomagania nauczania przedmiotów przyrodniczych, a mianowicie symulacji i modelowania: Ruchy Browna: obserwacje, symulacje komputerowe, interaktywne wideo, Zjawiska termodynamiczne: Gaz doskonały – przemiany, energia wewnętrzna, I zasada termodynamiki, Rozpad promieniotwórczy jąder atomowych oraz Symulacje z optyki.

Mamy nadzieję, że poznanie prezentowanych przez nas przykładów rozwiązań dotyczących zastosowań technologii informacyjnej w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych zainspiruje nauczycieli przyrody, biologii, chemii, geografii i fizyki do zaprojektowania własnych, jeszcze ciekawszych propozycji, które zwiększą aktywność i motywację uczniów, a tym samym podniosą efektywność nauczania przedmiotów przyrodniczych w europejskich szkołach.

#### Podziękowania

Serdecznie dziękujemy Wydziałowi Informatyzacji Ministerstwa Edukacji Narodowej i Sportu za przyznanie grantu nt: "Minilaboratoria przyrodnicze wspomagane komputerowo" oraz Komisji Europejskiej UE, Wydziałowi ds. *Socrates, Leonardo and Youth programmes,* za wsparcie finansowe w ramach grantu SOCRATES COMENIUS 2.1 - EU ISE 226382-CP-1SK, co umożliwiło nam zakup sprzętu i oprogramowania niezbędnego dla opracowania zamieszczonych w tym książce zadań, a w szczególności zadań zaprojektowanych przez współpracujących w naszej sieci nauczycieli.

Sczególnie serdecznie dziękujemy nauczycielom przedmiotów przyrodniczych z Regionu Kujawsko-Pomorskiego za długoletnią współpracę z nami, a przede wszystkim: Agnieszce Dyszczyńskiej, Tadeuszowi Kubiakowi, Stanisławowi Niedbalskiemu, Piotrowi Felskiemu, Mariuszowi Kamińskiemu, Jackowi Rybickiemu, Waldemarowi Gancarzowi, Beacie Chodziutko-Furso i innym (patrz zdjęcie naszej scieci nauczycieli poniżej).



#### BADANIE PRAW DYNAMIKI Z WYKORZYSTANIEM TORU POWIETRZNEGO

Grzegorz Osiński, Andrzej Karbowski, Krzysztof Służewski

#### Cele ogólne:

- 1. Poznanie sposobu wykorzystania toru z poduszką powietrzną do przeprowadzenia doświadczeń szkolnych z zakresu mechaniki.
- 2. Poznanie zasady pomiaru wielkości fizycznych charakteryzujących ruch ciał na torze powietrznym w czasie rzeczywistym przy pomocy wyposażenia WKLF (Wspomaganego Komputerowo Laboratorium Fizycznego).
- 3. Poznanie przykładów wykorzystania arkusza kalkulacyjnego do analizy wyników pomiarowych.

#### Cele operacyjne:

- 1. Zdobycie umiejętności:
- badania, analizowania i opisywania ruchu jednostajnego i jednostajnie zmiennego,
- sprawdzania słuszności zasad dynamiki Newtona,
- sprawdzania zasady zachowania pędu dla przypadku zderzeń centralnych,
- obserwacji zderzeń sprężystych centralnych i zderzeń niesprężystych oraz badania drgań harmonicznych.
- 2. Pogłębienie umiejętności wykorzystania techniki komputerowej do analizy wyników pomiarów parametrów ruchu ciał.

#### Zadania do wykonania:

#### Przygotowanie układu pomiarowego:

Umieścić odbiornik ultradźwięków na końcu toru, a nadajnik przyczepić do jednego z wózków. Wywołać program COACH znajdujący się w katalogu c:/COACH wybierając plik go.bat i nacisnąć [Enter]. Wejść do opcji Pomiary/Kinegraf i sprawdzić funkcjonowanie detektora odległości.

#### 1. Sprawdzenie Pierwszej i Drugiej Zasady Dynamiki Newtona

Tor powietrzny ustawić dokładnie poziomo, umieścić na nim jeden wózek z przyczepionym nadajnikiem ultradźwięków. Po wprawieniu go w ruch na monitorze zaobserwować zależność położenia i prędkości wózka od czasu. Zwrócić uwagę na stałą wartość prędkości, która zmienia jedynie swój znak podczas odbić wózka od krańców toru. Zaproponować sposób weryfikacji Drugiej Zasady Dynamiki mając do dyspozycji obciążniki o znanych masach, bloczek i nitkę. Propozycję sprawdzić doświadczalnie.

#### 2. Badanie ruchu przyspieszonego i opóźnionego

Tor z jednym wózkiem ustawić w pozycji lekko pochylonej. Z wyżej położonego końca puścić wózek, który zjeżdża w dół ruchem jednostajnie przyspieszonym. Po odbiciu od niżej położonego krańca porusza się pod górę ruchem jednostajnie opóźnionym. Na podstawie otrzymanych wykresów oszacować wartość tego przyspieszenia (opóźnienia).

#### 3. Obserwacja zderzeń sprężystych i niesprężystych

a) zderzenia sprężyste

Na poziomym torze umieścić dwa wózki o tych samych masach. Jako zderzaki wózków używać gumek rozciągniętych na metalowych widełkach. Jeden z wózków ma przyczepiony nadajnik ultradźwiękowy, wózek bez nadajnika umieścić na środku toru w spoczynku, po czym wózek z nadajnikiem wprawić w ruch, jednocześnie zapoczątkowując komputerowy pomiar. Zwrócić uwagę na moment przekazania energii.

#### b) zderzenia niesprężyste

W zadaniu tym używamy zderzaków wykonanych z kulek plasteliny, przy czym do jednej z nich należy wcisnąć kawałek gwoździa.

Zadanie wykonujemy podobnie jak w punkcie a).

Wykonać to samo doświadczenie jednak tym razem używamy wózków o różnych masach (obciążyć jeden z nich dodatkowymi ciężarkami). Na podstawie analizy otrzymanych wykresów sprawdzić słuszność zasady zachowania pędu.

#### 4. Drgania harmoniczne

Do wózka z zamocowanym nadajnikiem przyczepić dwie długie gumki, wolne końce tych gumek zamocować do krańców toru. Wychylać wózek z położenia równowagi, po czym puścić i dokonać pomiaru i zapisu drgań. Wyznaczyć z otrzymanego wykresu okres drgań. Zakładając, że mamy do czynienia z drganiami harmonicznymi i znając masę m wózka znaleźć zależność siły działającej na wózek od wychylenia z położenia równowagi  $F(x-x_0)$ , gdzie  $x_0$  jest punktem równowagi.

#### Uwaga:

W opracowaniu do każdego z punktów zamieścić wydruk odpowiednich wykresów oraz odpowiednio je zinterpretować.

#### Literatura

[1] H. Szydłowski, Fizyczne Laboratorium Mikrokomputerowe, Poznań, 1994.

- [2] T. Dryński, Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki, W-wa 1980, PWN.
- [3] Red. J. Turło, Praca zbiorowa, Fizyka z komputerem, Top Kurier, Toruń, 1996.
- [4] J. Turło, A. Karbowski, G. Osiński, J. Rybicki, K. Służewski, Z. Turło, Przyroda, doświadczenia i komputer, PDF, IF UMK, 1998.
- [5] Frost R., R.Thornton, P.Laws, Real Time Physics, Mod.1: Mechanics, Wiley@Sons, Inc. New York, 1999.
- [6] S. Szczeniowski, Fizyka doświadczalna cz. I, W-wa 1976, PWN.
- [7] R.Resnick D.Haliday Fizyka I, PWN 1999.

#### BADANIE PRAW SPADKU SWOBODNEGO SPRAWDZANIE PRAWA GALILEUSZA

Józefina Turło, Krzysztof Służewski

#### Cele ogólne

- 1. Zaznajomienie się z metodami wykorzystania komputera jako urządzenia do dokładnego pomiaru czasu.
- 2. Przeprowadzenie analizy ruchu ciała z wykorzystaniem komputera oraz jej przedstawienie w postaci graficznej i liczbowej.

#### Cele operacyjne

- 1. Dokonanie rejestracji zależności położenia od czasu dla ciała spadającego swobodnie w polu grawitacyjnym.
- 2. Nabycie umiejętności wyznaczania wartości przyspieszenia ziemskiego z wykorzystaniem danych z komputerowo wspomaganego doświadczenia Galileusza.

#### Zadania do wykonania:

- 1. Wyznacz przyspieszenie ziemskie wykonując doświadczenie Galileusza dla spadku swobodnego.
- 2. Dopasuj odpowiednią funkcję matematyczną do danych doświadczalnych.
- 3. Sprawdź zasadę zachowania energii dla spadku swobodnego.

## Opis programu GALILEO i układu pomiarowego



Rys.1. Schemat układu pomiarowego

Program GALILEO pozwala badać prawa spadku swobodnego ciał. Przeznaczony jest on do współpracy z uniwersalnym adapterem szeregowym (UAS). Przez kanał B steruje on elektromagnesem, natomiast przez kanał A rejestruje sygnały z mikrofonu ultradźwiękowego. Elektromagnes zasilany jest z zewnętrznego źródła napięcia stałego 5-10V, które dołączyć należy do wejścia N/Z.

Wykorzystać można w tym celu standardowy zasilacz do kalkulatorów z wtyczką typu "minijack". Elektromagnes nawinięty jest na rdzeniu o małej koercji i pozostałości magnetycznej. Podyktowane jest to tym, by kulka zaczepiona do niego oderwała się natychmiast po wyłączeniu prądu. Korzystne jest też użycie kulki o dość dużej masie.

## DZIAŁANIE PROGRAMU "GALILEO"

Program dzieli ekran monitora na trzy obszary:

- okno menu, w którym wyświetlane są dostępne opcje programu,
- okno komunikatów, w którym użytkownik wprowadza potrzebne dane a komputer wyświetla informacje,
- okno robocze, w którym ukazują się tabele i wykresy.

#### Objaśnienia funkcji menu

Aby uaktywnić te funkcje przyciskamy klawisze odpowiadające pierwszym literom w nazwach opcji. Na kolorowych monitorach są one wyświetlane kolorem zielonym. Możemy je też wybierać przez podświetlenie klawiszami strzałek i wciśnięcie <ENTER>.

#### **Aktywny Port**

Wprowadzenie numeru portu szeregowego, do którego podłączony jest adapter. Program przyjmuje domyślnie, że jest to COM1.

#### Pomiar

Wykonanie doświadczenia Galileusza.

Przed przystąpieniem do pomiaru komputer pyta o potrzebne dane podpowiadając ograniczenia. Są to:

- wysokość maksymalna tzn. wysokość, od jakiej zaczniemy pomiary,
- zmiana wysokości,
- ilość pomiarów czasu na danej wysokości.

Kulkę przyciągniętą przez elektromagnes umieszczamy na wybranej wysokości a komputer po wciśnięciu <ENTER> wyłącza prąd w elektromagnesie i dokonuje pomiaru czasu pomiędzy wyłączeniem a chwilą dotarcia dźwięku uderzenia kulki o podłoże do mikrofonu. Mikrofon umieszczamy więc blisko miejsca upadku kulki. Wysokość z której spada kulka obniżamy następnie kilkakrotnie o stałą wartość. Program zakłada, że maksymalna wysokość z jakiej może spadać kulka to 3 m a minimalna 5 cm. W praktyce wystarczają pomiary w zakresie 50 cm - 5 cm. Na każdej wysokości możemy dokonać kilku pomiarów czasu celem podniesienia dokładności (maksymalnie 8). Komputer uśrednia wówczas te czasy. W trakcie pomiarów dane ukazują się w tabeli w oknie roboczym. Po każdym pomiarze czasu wynik możemy zaakceptować lub odrzucić w przypadku, gdy stwierdzimy, że różni się znacznie od średniej. Gdy zakończymy pomiar mamy do dyspozycji następne opcje.

#### Wykres

Komputer skaluje osie i wykonuje wykres h(t) w oknie roboczym.

#### Tabela

Wyświetlenie tabeli wyników. Jeśli tabela nie mieści się w oknie roboczym, można "przewijać" ją klawiszami <Pg Up> i <Pg Dn>.

#### g - wyznacz 'g'

Wyznaczenie przyspieszenia z jakim spada kulka. Proponujemy dwie metody wyznaczenia wartości *g*. W pierwszej zakadamy, że ruch kulki rozpoczyna się w chwili wyłączenia prądu tzn. w chwili uruchomienia stopera komputerowego i opisywany jest wzorem

$$h = \frac{g \cdot t^2}{2}$$

W tym przypadku dla każdej pary danych (h,t) wyznaczyć można g, wyniki uśrednić oraz obliczyć odchylenie standardowe od średniej.

Metoda druga zakłada, że pomiędzy wyłączeniem prądu a oderwaniem się kulki od elektromagnesu może upłynąć pewiem czas *t*<sub>o</sub> Wówczas zależność będzie:

$$h = \frac{g \cdot (t - t_0)^2}{2} = \frac{g}{2} \cdot t^2 - g \cdot t_0 \cdot t + \frac{g \cdot t_0^2}{2}$$

Wartość g wyznaczana jest na podstawie pierwszego wyrazu wielomianu stopnia drugiego. Mamy bowiem:

 $v=ax^2+bx+c$ , stad a=g/2

Metoda wyznaczania współczynników wielomianu na podstawie tabeli danych opisana jest w literaturze, np. J.Godlewski "Quattro Pro - makroinstrukcje" wyd. Lupus., Warszawa 1993.

#### Dopasowanie funkcji

Do danych doświadczalnych komputer dopasowuje metodą najmniejszych kwadratów wybrany przez nas wielomian. Możemy wybrać funkcję liniową, kwadratową i trzeciego stopnia. Pojawia się wówczas nowe menu, w którym aktywne są klawisze **1**, **2**, **3**, Dopasowanie pozwala stwierdzić, jaki jest typ zależności między drogą a czasem. Oczywiście do punktów pomiarowych można dopasować wielomian dowolnego stopnia. Jeśli jednak wyraz przy najwyższej potędze będzie przynajmniej o rząd wielkości mniejszy od następnego wyrazu oznacza to, że wybrany został nieodpowiedni stopień wielomianu. Opcja ta pozwala pokazać, że w przypadku dokładnie przeprowadzonych pomiarów do wykresu najlepiej pasuje krzywa drugiego stopnia, zatem ruch jest jednostajnie przyspieszony.

#### E - zachowanie energii

Na podstawie wyników doświadczenia program oblicza i wykreśla energię kinetyczną. potencjalną i całkowitą w zależności od wysokości. Podawana jest energia przypadająca na jednostkę masy. Na wykresie różne rodzaje energii reprezentowane są przez różne symbole graficzne i kolory.

#### V chwilowa

Program pozwala wyznaczyć prędkość "chwilową" tzn. mierzoną na krótkim odcinku drogi, a co za tym idzie w krótkim przedziale czasu *dt*. Wtym celu musimy zawiesić kulkę na wybranej wysokości, podać odcinek *ds* o jaki przesuniemy położenie początkowe kulki a następnie dokonać pomiaru czasu spadku kulki z wybranych wysokości. Prędkość liczona jest automatycznie ze wzoru:

$$V = \frac{dS}{dt}$$

#### Zapis do pliku

Dane doświadczalne z tabeli są zapisywane w pliku tekstowym o podanej przez użytkownika nazwie. Program przyjmuje standardowe rozszerzenie **.gal** . Dane te można dzięki temu wczytywać do innych programów celem ich dalszej obróbki (arkusze kalkulacyjne itp.) bądź drukować z poziomu systemu operacyjnego DOS. Format pliku jest następujący: Liczba w pierwszym wierszu mówi o ilości pomiarów (ilość wysokości z których spadała kulka). Druga liczba określa ilość kolumn tabeli minus 2. W trzeciej linii zapisane są nazwy wielkości i ich jednostki. Pozostałe linie zawierają dane doświadczalne zgromadzone podczas pomiaru. Są one zapisane w kolejności odwrotnej, niż to widać w tabeli. Podyktowane jest to sposobem odczytywania danych przez arkusze kalkulacyjne. Jak widać z opisu, plik z danymi można utworzyć również za pomocą dowolnego edytora tekstów zapisującego w postaci plików ASCII. (NE, DOS Edit ) Plik musi mieć rozszerzenie **.gal**.

**Uwaga !** Rozpoczęcie nowego pomiaru powoduje wymazanie z pamięci operacyjnej poprzednich danych, jeśli więc nie zostały wcześniej zapisane, zostaną utracone.

#### Odczyt pliku

Zapisane wcześniej lub utworzone przez nas pliki można wczytać i poddawać analizie. Jeśli wybierzemy opcję "Odczyt pliku", w oknie menu pojawi się lista plików z danymi. Program szuka wszystkich plików o rozszerzeniu .gal w bieżącym katalogu. Podświetlenie wybranego pliku i przyciśnięcie <ENTER> powoduje jego wczytanie i ukazanie się tabeli. Wczytanie pliku także usuwa poprzednie dane z pamięci. Opcja ta pozwala wczytać i porównać wyniki uzyskane w wykonanych wcześniej pomiarach. Można też dzięki niej analizować wyniki doświadczeń wykonywanych bez pomocy komputera i intefejsu a jedynie ze stoperem i linijką. Naeży jednak zaznaczyć, że nie jest to główny cel programu i jego możliwości w tym względzie nie są duże.

#### X - koniec

kończy pracę programu.

#### Literatura

[1] H. Szydłowski, Fizyczne Laboratorium Mikrokomputerowe, Poznań, 1994.

- [2] T. Dryński, Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki, W-wa 1980, PWN.
- [3] Red. J. Turło, Praca zbiorowa, Fizyka z komputerem, Top Kurier, Toruń, 1996.
- [4] J. Turło, A. Karbowski, G. Osiński, J. Rybicki, K. Służewski, Z. Turło, Przyroda,

doświadczenia i komputer, PDF, IF UMK, 1998.

[5] Frost R., R.Thornton, P.Laws, Real Time Physics, Mod.1: Mechanics, Wiley@Sons, Inc. New York, 1999.

[7] R.Resnick D.Haliday Fizyka I, PWN 1999.

#### BADANIE RUCHU OBROTOWEGO NA WIRUJĄCEJ TARCZY

Józefina Turło, Krzysztof Służewski

#### Cel ogólny

Poznanie metod pomiaru siły dośrodkowej, a w szczególności metody z wykorzystaniem komputera w układzie "on line".

#### Cele operacyjne

- 1. Poznanie układu do pomiaru sił działających w ruchu po okręgu.
- 2. Nabycie umiejętności pomiaru siły odśrodkowej przy pomocy siłomierza w układzie odniesienia obracającej się tarczy oraz obliczania siły dośrodkowej dysponując wartościami masy **m**, promienia **r** oraz prędkości kątowej obracającej się tarczy **ω**.

W ruchu krzywoliniowym działają siły, których kierunki nie pokrywają się z kierunkiem ruchu. Jedną z tych sił jest *siła centralna* [1], stale zwrócona do tego samego punktu, nazywanego centrum siły. Pod działaniem tej siły, odbywa się ruch po okręgu, elipsie (ruch planety), paraboli lub hiperboli (ruch komety). W warunkach szkolnej pracowni fizycznej badamy szczególny przypadek ruchu krzywoliniowego, gdy kierunek ruchu ciała jest zawsze prostopadły do kierunku działającej siły, a więc badamy ruch po okręgu.

Ze względu na ciągły zwrot siły centralnej do środka okręgu nazywamy ją siłą dośrodkową.

Z siłami dośrodkowymi w życiu codziennym i technice spotykamy się bardzo często, podczas ruchu rowerzysty lub motocyklisty na zakręcie. Możemy postawić pytania, dlaczego rzeka podmywa brzegi na zakolach, dlaczego Ziemia krąży wokół Słońca, a Księżyc wokół Ziemi? Czy potrafimy wyjaśnić działanie regulatora Watta i wirówki? Odpowiedzi na postawione pytania będą łatwiejsze po wykonaniu proponowanego eksperymentu.

#### Schemat układu pomiarowego



Sposób podłączenia układu pomiarowego z komputerem IBM PC oraz schemat zestawu doświadczalnego. Silnik napędzający tarczę, podłączony jest do zasilacza z regulacją napięcia.

#### Zadania do wykonania:

Zmierzyć wartość siły dośrodkowej za pomocą siłomierza oraz obliczyć jej wartość wykorzystując pomiar okresu obrotów tarczy metodą komputerową w układzie "on line", przy pomocy odpowiedniego zestawu doświadczalnego. Wartość tej siły wyrażamy wzorami:

$$F_{r} = m a_{r} = \frac{m v^{2}}{r} = m \omega^{2} r = \frac{4\pi^{2} m r}{T^{2}} = 4\pi^{2} v^{2} m r$$

Wszystkie cztery wzory są równoważne i używamy tego, który najszybciej pozwoli nam uzyskać odpowiedź na zadane pytanie [2].

Wyniki pomiarowe zebrać w tabelce i sformułować wnioski.

	m	Ŵ	r	F <sub>sil.</sub>	F <sub>obl.</sub>
lp.	[kg]	[rad/s]	[m]	[N]	[N]
1.					
2.					

W tym celu:

- a) Uruchomić program "tarcza.exe" znajdujący się katalogu C:\TARCZA i zapoznać się z planszą główną przedstawiającą schemat zestawu doświadczalnego oraz sposób jego podłączenia do komputera.
- b) Wyznaczyć masę wałka i wprowadzić do pamięci komputera.
- c) Wprawić tarczę w ruch zwiększając stopniowo zasilanie w zakresie od 0 V do 5 V.
- d) Zmierzyć wartość prędkości kątowej obracającej się tarczy. (Aby przekonać się, że wartość prędkości kątowej ω jest stała, należy nacisnąć kilka razy klawisz [P] pomiar. W celu zapamiętania wyniku naciskamy klawisz [Z] zapis.)
- e) Dokonać odczytu wskazania siłomierza przy danym wychyleniu wałka.
- f) Korzystając z dołączonego wykresu odczytać wartość promienia r na podstawie wskazania siłomierza i wprowadzić ją do komputera.
- g) Pomiar należy przeprowadzić dla trzech różnych położeń wałka na obracającej się tarczy.



Sposób odczytywanie wartości promienia r na podstawie wskazania siłomierza.

#### Literatura

- [1] K. Hercman, Fizyka 1, WSiP, Warszawa 1988.
- [2] S. Szczeniowski, Fizyka Doświadczalna, cz. I, PWN, Warszawa 1972.
- [3] Ch. Kittel, Mechanika, PWN, Warszawa 1972.
- [4] H. Szydłowski, Fizyczne Laboratorium Mikrokomputerowe, Poznań, 1994.
- [5] T. Dryński, Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki, W-wa 1980, PWN.
- [6] Red. J. Turło, Praca zbiorowa, Fizyka z komputerem, Top Kurier, Toruń, 1996.
- [7] J. Turło, A. Karbowski, G. Osiński, J. Rybicki, K. Służewski, Z. Turło, Przyroda, doświadczenia i komputer, PDF, IF UMK, 1998.

#### BADANIE PARAMETRÓW RUCHU Z WYKORZYSTANIEM DOPPLEROWSKIEGO KOMPUTEROWEGO MIERNIKA POŁOŻENIA

Andrzej Karbowski, Zygmunt Turło, Józefina Turło

#### Cele ogólne

- 1. Poznanie oryginalnych przykładów zastosowania komputera w charakterze uniwersalnego, prostego i wygodnego przyrządu pomiarowego.
- 2. Zapoznanie się z możliwością wykorzystania narzędzi Fizycznego Laboratorium Wspomaganego Komputerowo do dyskusji pojęć związanych z opisem różnych rodzajów ruchu w różnych układach odniesienia.

#### Cele operacyjne

- 1. Zrozumienie zasady działania koherentnego radaru dopplerowskiego wykorzystywanej do jednoczesnego pomiaru względnych położeń dwóch poruszających się obiektów.
- 2. Zdobycie umiejętności:
  - przeprowadzania pomiarów położeń ciał będących w ruchu w czasie rzeczywistym przy pomocy sterowanego komputerem ultradźwiękowego detektora ruchu,
  - badania, wykonywania wykresów i analizowania ruchu harmonicznego wahadła, ruchu masy zawieszonej na sprężynie, różnych rodzajów ruchu na równi pochyłej, rzutu pionowego w górę i spadku swobodnego oraz innego, dowolnego ruchu,
  - wyznaczania parametrów ruchu ciał, będących pochodnymi położenia, takich jak: chwilowych prędkości i przyspieszeń, pędu, energii kinetycznej, potencjalnej, itp.,
  - wykorzystywania zaprojektowanego urządzenia do demonstrowania względności ruchu oraz do przedstawienia zależności opisu dowolnego ruchu od układu odniesienia.

#### Przygotowanie układu pomiarowego

W celu zapewnienia wykorzystania wszystkich opcji programu, urządzenia zewnętrzne (nadajnik ultradźwiękowy i dwa odbiorniki) należy podłączyć poprzez adapter szeregowy z gniazdem portu szeregowego RS 232 laptopa lub komputera typu IBM PC. Nadajnik N oznaczono kolorem żółtym, odbiornik A kolorem czerwonym, natomiast odbiornik B kolorem zielonym.

#### Opis możliwości programu sterującego pomiarem

Główne menu programu RUCH (wersja dla Windows) składa się z następujących opcji:

Plik Ustawienia Pomiar Wykres Pomoc

#### Uwaga

Każde okno prezentowane na ekranie posiadające przyciski posiada możliwość skorzystania z przycisku *Pomoc*.

W menu *Plik* znajdują się opcje:

1. Odczyt - pozwala odczytać dane pomiarowe z dysku.

- 2. Zachowaj pozwala zapisać dane pomiarowe na dysk.
- 3. *Koniec* wyjście z programu.

Menu Ustawienia składa się z następujących opcji:

- 1. *Wybór portu* pozwala wybrać odpowiedni port szeregowy, do którego został podłą-czony adapter. Domyślnie wybrany jest port COM1.
- 2. *Wybór kanału* pozwala określić ile kanałów adaptera szeregowego wykorzystywanych jest podczas pomiarów. Domyślnie wybrano 2 kanały (A i B).

Menu Pomiar posiada dwie opcje:

- 1. *Parametry początkowe* pozwala ustalić czas trwania pomiaru, zakres pomiarowy, dokonać wyboru odpowiedniej metody pomiarowej oraz odbiornika inicjującego pomiar A lub B, wykorzystywanego w opcji *Pomiar położenia*.
- 2. *Pomiar położenia* pozwala dokonać pomiaru względnego położenia odbiornika A lub B względem nadajnika N w czasie rzeczywistym.

Ad. 1.

Z poziomu programu dostępne są dwie metody pomiarowe:

- a) metoda położeń niezależnych (niezależnych pomiarów w kanałach A i B (Rys.1).
- Pomiar jest inicjowany, a następnie przedstawiany w czasie rzeczywistym na ekranie poprzez ruch odbiornika A lub B względem nadajnika N. Nazwa odbiornika inicjującego pomiar podana jest w opcji *Parametry początkowe*.



- Rys. 1. Schemat układu doświadczalnego ilustrujący metodę pomiaru tzw. "położeń niezależnych" w kanałach A i B.
- b) metoda położeń różnicowych A B (dostępna jedynie przy użyciu autonomicznego nadajnika ultradźwiękowego patrz Rys.2).
- W wariancie II pomiar jest inicjowany w wyniku ruchu dowolnego elementu (N, A lub B).



Rys. 2. Schemat układu doświadczalnego przedstawiający metodę tzw. "położeń różnicowych" w kanałach A i B.

W menu Wykres występują następujące opcje:

- *Jednej wielkości* s(t) lub v(t) lub a(t) dla określonej wielkości fizycznej pozwala przedstawić wykresy wykorzystujące dane pomiarowe otrzymane z kanałów A, B lub/oraz A-B.
- *Dwóch wielkości* s(t) i v(t) lub s(t) i a(t) lub v(t) i a(t) dla określonych 2 wielkości fizycznych pozwala przedstawić wykresy wykorzystujące dane pomiarowe otrzymane z jednego lub dwóch kanałów w dwu oddzielnych oknach.
- *Trzech wielkości* s(t) i v(t) oraz a(t) dla 3 wielkości fizycznych pozwala przedstawić wykresy wykorzystujące dane pomiarowe otrzymane tylko z jednego, dowolnego kanału (A lub B lub A-B) w jednym oknie.
- *Energii*. Sprawdzenie zasady zachowania energii zostało zaprogramowane tylko dla analizy ruchu wahadła fizycznego.

Powyższe opcje posiadają także możliwość prezentowania różnicy wyników otrzymanych z kanałów A i B. Ma to istotne znaczenie dla demonstracji zależności opisu ruchu od układu odniesienia.

#### Uwaga

Dla wszystkich prezentowanych wykresów istnieje możliwość uśredniania wartości mierzonych wielkości dla podanej liczby uśrednianych punktów.

#### Zadania do wykonania:

- 1. Zbadać ruch harmoniczny wahadła:
- a) Bezpośrednich pomiarów (w czasie rzeczywistym) położeń ciała o masie m zawieszonego na nici (kabelku) o długości l dokonać zarówno dla wariantu I jak i II powyższego doświadczenia,
- b) Przeprowadzić analizę otrzymanych wyników zwracając szczególną uwagę na interpre-tację punktów zwrotu drgań wahadła,
- c) Sprawdzić słuszność zasady zachowania energii dla ruchu wahadła,
- d) Zaproponować sposób wykorzystania powyższego typu pomiarów do realizacji zagadnień programowych związanych z badaniem drgań mechanicznych swobodnych i tłumionych.

#### Uwaga

- W wariancie I wahadłem może być zawieszony na kabelku nadajnik wykonujący ruch oscylacyjny względem np. odbiornika A. W wariancie II natomiast autonomiczny nadajnik ultradźwiękowy, zawieszony niezależnie na nici między dwoma odbiornikami.
- Typowe parametry początkowe:

Wariant I:

czas pomiaru	10 s
zakres pomiarowy	10 cm
Wariant II:	
czas pomiaru	10 s
zakres pomiarowy	10 cm

2. Zbadać ruch harmoniczny tłumiony masy zaczepionej na sprężynie i zanurzonej w wodzie. Zastanowić się od czego zależy współczynnik tłumienia oraz zbadać jak okres drgań zmienia się w czasie ?

#### Uwaga

- Powyższe zadanie można wykonać posługując się wariantem doświadczalnym I.
- Typowe parametry początkowe:

czas pomiaru	10 s
zakres pomiarowy	5 cm

- 3. Zbadać ruch jednostajnie przyspieszony oraz ruch jednostajnie opóźniony wózka na równi pochyłej. Sprawdzić jak zależy przyspieszenie wózka od:
- a) kąta nachylenia równi,
- b) masy wózka (II zasada dynamiki Newtona),

c) siły tarcia.

#### Uwaga

- Zadanie wykonać posługując się wariantem doświadczalnym I.
- Siłę tarcia pomiędzy powierzchnią równi a kołami wózka można zmieniać używając różnych cieczy np. wody, mleka, oleju itd.,
- Parametry początkowe:

czas pomiaru 1 s zakres pomiarowy 50 cm

4. Zbadać w czasie rzeczywistym rzut pionowy w górę a następnie spadek swobodny w ziemskim polu grawitacyjnym tzw. "jabłka Newtona".

Na podstawie wyników eksperymentu odpowiedzieć na pytanie, kiedy wartość przyspie-szenia ziemskiego otrzymana w wyniku takiego pomiaru jest najbardziej zbliżona do wartości rzeczywistej?

#### Uwaga

- Powyższe zadanie można wykonać posługując się wariantem doświadczalnym II przy pionowym ustawieniu odbiorników, w odległości > 1 m.
- Typowe parametry początkowe: czas pomiaru 2 s zakres pomiarowy 100 cm
- 5. Przeprowadzić badania i analizę dowolnie zaprojektowanego ruchu prostoliniowego. Zademonstrować ruch obserwowany w różnych układach odniesienia. W każdym przypadku wykreślać zachowanie się w czasie wszystkich wielkości charakteryzujących dany ruch oraz odczytywać charakterystyczne dla tych wykresów wartości *s*, *v*, *a* oraz *t*.

#### Uwaga

- Wygodnie jest posłużyć się wariantem I doświadczenia, np. spacerując z nadajnikiem lub też wykorzystując dostępne elementy wchodzące w skład typowego zestawu do ćwiczeń z mechaniki.
- Ze względu na maskujący wpływ sygnałów odbitych od otaczających przedmiotów warto w tym przypadku na badanym obiekcie zainstalować odpowiedni reflektor, a także użyć zwierciadeł koncentrujących energię fali ultradźwiękowej.
- Projektując nowe zadania z wykorzystaniem powyższego zestawu mieć na uwadze sytuacje dnia codziennego.

#### Przykładowe wyniki pomiarów

Ultradźwiękowy detektor ruchu wraz z oprogramowaniem może służyć do:

- badania, wykonywania wykresów i analizowania:
  - rzutu pionowego w górę i spadku swobodnego albo ruchu wózka na równi (Rys.3),
  - ruchu harmonicznego, np. wahadła (Rys.4), masy na sprężynie z tłumieniem (Rys.5),
  - dowolnego ruchu, takiego jak:
    - a) ruchu ciał na torze z poduszką powietrzną, na bloczku, nadowolnej równi pochyłej, na poziomym stole,
    - b) ruchu obrotowego,
    - c) spaceru lub innych zmian pozycji człowieka.
- wyznaczania parametrów ruchu ciał, takich jak: chwilowych prędkości i przyspieszeń, pędu, energii kinetycznej, potencjalnej, całkowitej, itp., będących pochodnymi położenia.
- do zarejestrowania i przedstawienia zależności opisu dowolnego, zaprojektowanego przez siebie ruchu od układu odniesienia i zademonstrowania pojęcia względności ruchu.

Przykłady wyników badań parametrów ruchu dla różnych sytuacji fizycznych przedstawione zostały na kolejnych rysunkach.



Rys. 3. Wykresy parametrów ruchu wózka, który wjeżdża na równię pochyłą ruchem jednostajnie opóźnionym, a następnie zatrzymuje się i zjeżdża w dół równi ruchem jednostajnie przyspieszonym.



Rys. 4. Wykresy parametrów ruchu harmonicznego wahadła fizycznego.



Rys. 5. Wykres wartości położenia dla ruchu harmonicznego tłumionego masy zaczepionej na sprężynie i zanurzonej w wodzie.

#### Literatura

- [1] J. Turło, Z. Turło, Technology and School, Intern. PATT Conf., Łagów, 87, 1990.
- [2] J. Turło, Z. Turło, Proc. of the GIREP '91 Conference, NCU Ed., 481, 1992.
- [3] J. Turło, Z. Turło, Układy Odniesienia od Kopernika do Einsteina w Nauczaniu Fizyki, UMK, 279, 1992.
- [4] R. K. Thornton, Proc. of Europh. Study Conf., Ljubljana, 12, 1993.
- [5] Red. J. Turło, Praca zbiorowa, Fizyka z komputerem, Top Kurier, Toruń, 1996.

## Załącznik

Podstawowe parametry techniczne detektora ruchu:

- detektor współpracuje z komputerem klasy IBM PC, jest z nim połączony poprzez złącze szeregowe RS 232,
- posiada autonomiczny mikrokontroler Microchip PIC16C84 z pamięcią EEPROM,
- może rejestrować do 16 niezależnych kanałów w dwóch wybieranych programowo modach pracy:
  - a) z wewnętrznym generatorem ultradźwięków 40 kHz,
  - b) z zewnętrznym generatorem (kamertonem) o częstotliwości 440 Hz,
- generator fal ultradźwiękowych o częstotliwości ok. 40 kHz ( $\lambda \approx 8,54$  mm),
- rozdzielczość położenia ok. 0,17 mm (1/50  $\lambda$ ),
- zakres pomiaru do 6 m,
- rozdzielczość czasowa pomiaru wynosi 300 µs na kanał,
- zasilany jest bezpośrednio z portu szeregowego,
- sterowany jest przy pomocy programu RUCH (wersja dla Windows).

#### POZNANIE ZASADY DZIAŁANIA I SPOSOBÓW WYKORZYSTANIA SYSTEMU SATELITARNEGO GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)

## Cele ogólne

- 1. Utrwalenie podstawowej wiedzy na temat Ziemi i jej satelitów, poznanie zasad działania nowoczesnych systemów pomiarowych w oparciu o współczesne techniki satelitarne.
- 2. Poznanie możliwości wykorzystania systemu GPS do celów cywilnych (pilotowanie statków, samolotów, helikopterów, samochodów, pojazdów kosmicznych, jak też pomoc w poruszaniu się podróżników, w tym w szczególności ludzi niewidomych), w tym edukacyjnych.
- 3. Utrwalenie podstawowych pojęć dotyczących opisu położenia (lokalnego i globalnego).
- 4. Poznanie przyrządów obserwacyjnych stosowanych we współczesnej nawigacji, dyskusja jakości danych i dokładności otrzymywanych wyników.

## Cele operacyjne

Nabycie umiejętności:

- 1. wykorzystania sprzętu i oprogramowania służącego do opracowania danych uzyskanych dzięki systemowi GPS do określania współrzędnych własnego położenia.
- 2. analizowania pomiarów GPS przeprowadzania odpowiednich rozważań geometrycznych i trygonometrycznych.
- 3. właściwego używania pojęć względny i absolutny opis położenia.
- 4. uzyskiwania informacji astronomicznych istotnych dla obserwatora: długości dnia, deklinacji, momentów wschodu i zachodu Słońca.
- 5. dokonywania pomiarów odległości między punktami w terenie na podstawie znajomości ich współrzędnych geograficznych.

#### Przygotowanie układu pomiarowego

- 1. Odbiornik GPS podłącz do wejścia szeregowego komputera PC oraz zasilacza 10 V, pamiętaj o właściwej polaryzacji zasilania aby nie uszkodzić odbiornika kolorem czerwonym oznaczono biegun +. Antenę satelitarną umieść (najlepiej) za oknem.
- 2. Uruchom program komputerowy GPS-TOR 2000 pracujący w systemie WINDOWS 2000 bądź WINDOWS NT. Informacje o programie znajdują się w Załączniku.

#### Zadania do wykonania

- 1. Poznaj możliwości wykorzystania systemu do celów edukacyjnych, wykonując kolejne zadania zaplanowane w MENU programu.
- 2. Opisz zasady działania i sposoby wykorzystania systemu GPS w nauce technice, życiu codziennym i edukacji. Możesz posłużyć się do tego celu zamieszczonym poniżej schematem systemu GPS.
- 3. Istnieje wiele sposobów, aby szkoła posiadająca własny (lub wypożyczony) odbiornik GPS mogła go wykorzystać dla celów edukacji środowiskowej.

Pierwszy sposób, to podczas przeprowadzania pomiarów różnych parametrów stanu środowiska. Aby uzyskiwane z pomiarów dane (np. temperatura, wilgotność, ciśnienie, siła i kierunek wiatru, zachmurzenie, natężenie hałasu, promieniowania jonizującego lub pola magnetycznego) mogły stanowić wiarygodną podstawę analiz w bazie danych, towarzyszyć im muszą dokładne informacje o czasie i miejscu ich pochodzenia. Inne, bardziej merytorycznie

związane z treścią edukacji przyrodniczo-matematycznej sposoby, mogą dotyczyć np. takich zagadnień, jak:

- Ziemia i jej satelity (naturalne i sztuczne), rola systemu GPS w zastosowaniach wojskowych i cywilnych
- Względny i absolutny opis położenia (lokalnego i globalnego).
- Przyrządy obserwacyjne w nawigacji, jakość danych i dokładność otrzymywanych wyników.
- Analiza pomiarów GPS rozważania geometryczne i trygonometryczne.

Przedstawiony na schematycznym rysunku system satelitów nawigacyjnych składa się z 24 (21 aktywnych i 3 rezerwowych satelitów okrążających Ziemię z prędkością 3,88 km/s na wysokości 20 200 km i znajdujących się na 6 orbitach nachylonych do płaszczyzny równika Ziemi pod kątem 55 stopni. Satelity te wyposażone są w pokładowe komputery i zasilające baterie słoneczne, a z Ziemią (stacje kontrolne i pomiarowe) komunikują się drogą radiową. Każdy z satelitów posiada ponadto 4 bardzo dokładne zegary atomowe (ich błąd pomiaru czasu wynosi 1s na 150 000 lat!), które transmitują sygnały czasu na Ziemię. Specjalistyczne oprogramowanie umieszczone w odbiornikach GPS, na podstawie odpowiednio dobrej jakości sygnałów, odebranych z conajmniej 4 satelitów, obok podania w każdym miejscu obserwacyjnym czasu UT (universal time), określa szerokość i długość geograficzną oraz wysokość, na której obserwator z odbiornikiem GPS się znajduje.

## Literatura

- [1] M. Szymoński, *Nawigacyjne wykorzystanie sztucznych satelitów ziemi*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1989
- [2] K. M. Borkowski, Astronomiczne obliczenia nie tylko dla geografów, UMK, Toruń 1991
- [3] R. Stiepanow, Trygonometria sferyczna, Moskwa 1943
- [4] J. Hurn, Differential GPS Explained, Trimble, 1993
- [5] J. Urbański, J. Januszewski, *Podstawy nawigacji satelitarnej*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Morskiej w Gdyni, Gdynia 1992
- [6] M. Jurdziński, K. Vorbrich, *Podstawy obróbki sygnałów w odległościowych systemach nawigacji satelitarnej*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Morskiej w Gdyni, Gdynia 1992
- [7] B.M. Jaworski, A.A. Dietłaf, Fizyka, poradnik encyklopedyczny, PWN, Warszawa 1995
- [8] GPS World, wrzesień 2000
- [9] http://www.igeb.gov
- [10] http://www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/gps/
- [11] <u>http://www.navi.pl</u>
- [12] J. Hurn, Defferential GPS Explained; Trimble; 1993



Schemat satelitarnego systemu nawigacyjnego GPS NAVSTAR

x,y: 100m (po usunięciu SA około 10m) h: 150m (po usunięciu SA około 15m)

## Załącznik

## INFORMACJE OGÓLNE O PROGRAMIE GLOPOS

#### Program do obsługi odbiornika GPS

Programu GPS-TOR 2000 współpracuje z urządzeniem GPS firmy ONCORE. Dla jego poprawnej pracy niezbędne są:

- odbiornik GPS firmy ONCORE posiadającego możliwość komunikacji z komputerem PC w formacie binarnym.
- procesor: min. Intel Pentium 266 MHz
- system operacyjny: WINDOWS NT 4.0 lub WINDOWS 2000.
- przeglądarka internetowa Internet Explorer 5
- minimum 32 (preferowana 64 MB) pamięci RAM
- port szeregowy COM
- wolne około 50 MB na dysku twardym
- karta grafiki + monitor mogący wyświetlać obraz o min. rozdzielczości 800 x 600 (preferowana 1024 x 768) z 24bit głębią koloru
- rozmiar czcionki: 96dpi
- programu GPS-TOR 2000

#### Uwaga:

*W przypadku posiadania systemu operacyjnego Windows NT należy dodatkowo posiadać zainstalowany Service Pack w wersji min. 4 Dodatkowo należy pamiętać, aby po każdorazowym uruchomieniu programu sprawdzić ustawienia parametrów programu.* 

#### Konfiguracja programu

Pierwszą czynnością jaką należy wykonać jest wybór właściwego portu do komunikacji z urządzeniem GPS. Jeśli program nie rozpoznał automatycznie podłączonego urządzenia GPS należy je podłączyć ręcznie używając menu rozwijalnego w lewym dolnym roku okna programu. Po wyborze odpowiedniego portu naciskamy przycisk CONNECT.

Dodatkowe czynności konfiguracyjne wykonuje opcja F10 menu głównego "Ustawienia programu" gdzie oprócz portu możemy ustawić interwały czasowe oraz wybrać opcje graficzne przedstawiania wyników pomiarów i symulacji.

#### Uwaga:

Podczas pracy w programie w każdej chwili dostępna jest opcja pomocy poprzez wciśnięcie klawisza F1.

#### Obsługa programu

#### Zasady ogólne:

Wszystkie okna składają się generalnie z dwóch części:

- części informacyjnej CI (część górna), w której prezentowane są wyniki pomiarów lub inne dane
- części nawigacyjnej CN (część dolna), w której znajdują się przyciski (buttony), którymi uruchamiamy poszczególne opcje i funkcje.

W każdym oknie pomiarowym znajdują się przynajmniej dwa przyciski:

- [START]/[STOP] powodujący rozpoczęcie/zatrzymanie pracy z urządzeniem GPS odczyt danych z urządzenia
- [WYJŚCIE] wyjście z okna

Po wybraniu przycisku START następuje zmiana tekstu zawartego na nim na napis STOP, która określa, że po wybraniu ponownym tego przycisku nastąpi zatrzymanie pomiarów. W czasie pracy programu może być otwarte tylko jedno okno. Związane jest to z faktem, iż urządzenie GPS nie posiada funkcji wielokanałowej pracy (odczyt jednocześnie kilku różnych wartości/informacji).

## **Dostępne opcje:**

## Położenie Odbiornika

Moduł ten pozwala na odczyt w czasie rzeczywistym parametrów położenia odbiornika oraz podstawowych danych odnośnie konfiguracji satelitów i siły ich sygnału. Pozycje "ILOŚĆ ŚLEDZONYCH SATELITÓW" i "ILOŚĆ WIDOCZNYCH SATELITÓW" wskazują, ile aktualnie jest dostępnych dla odbiornika satelitów. Minimum do poprawnej pracy potrzebne są 3 satelity. Jeśli będzie ich mniej urządzenie pokazuje ostatnie dane zapisane w swojej "pamięci podręcznej" - almanachu.

MOD PRACY - jest to tryb, który określa poziom dokładności dla określonych parametrów. Domyślnie jest tryb 3D - co powoduje, że odbiornik kosztem dokładności zmiennych X,Y stara się również śledzić zmienną Z - wysokość n.p.m. Jeśli nie jest nam ona potrzebna, opłaca się przejść do trybu 2D, który w sposób bardziej dokładny oddaje wartości aktualnego położenia (szerokość i długość geograficzna).

Funkcje poszczególnych przycisków:

- [START/STOP] rozpoczęcie/zatrzymanie odczytu danych z urządzenia.
- [ZAPISZ] zapis konkretnego pojedynczego wyniku pomiaru do bazy pomiarów jednostkowych (PJ). Można je odczytać w opcji PRZEGLĄDANIE WYNIKÓW POMIARÓW PJ.
- [TABELA+/-] funkcja ta pozwala na zapis danych do podręcznej listy (z prawego boku ekrany), aby móc je oglądać zbiorczo itp. Ważne jest, że dane z tej tabeli nie są zapisywane do pliku!
- [WYJŚCIE] wyjście z opcji. Przed wyjściem należy wykonać [STOP] pomiarów.

## Położenie odbiornika graficznie

Moduł ten pozwala na odczyt w "real time" parametrów położenia odbiornika oraz ich reprezentację graficzną. Znaczenie pozycji podobne jak w POMIAR - AKTUALNE POŁOŻENIE ODBIORNIKA.

Funkcje poszczególnych przycisków:

- [START/STOP] rozpoczęcie/zatrzymanie odczytu danych z urządzenia.
- [USTAW DANE WZORCOWE] funkcja ta pozwala na rekalibrację układu współrzędnych. W przypadku, gdy pomiaru wychodzą za zakres układu, można wykonać tę funkcję, co spowoduje, że centrum układu będzie ostatni pomiar i inne pomiary, będą odnosiły się właśnie do niego.
- [SKALA] umożliwia zdefiniowanie skali układu współrzędnych. Aby ją uruchomić należy zatrzymać pomiar, przeskalować układ, a następnie ponowić pomiary.

• [WYJŚCIE] - wyjście z opcji. Przed wyjściem należy wykonać [STOP] pomiarów.

#### Położenie satelitów na niebie

Moduł ten pozwala na interpretację graficzną aktualnego położenia satelitów na niebie oraz faktu ich poruszania się. Widać tu bardzo ładnie korelację faktu oddalania się i przybliżania obiektów (satelitów) i związane z tym faktem zmiany częstotliwości Dopplerowskich dochodzących sygnałów. Tabela na ekranie pokazuje w sposób cyfrowy uzyskane informacje. Ważne: Po najechaniu na satelitę i przytrzymaniu kursora 1s ukaże się okienko informujące o parametrach satelity.

#### Dane astronomiczne

Moduł ten pozwala na interpretację uzyskanie dodatkowych informacji nie pochodzących wprost z urządzenia, ale dzięki podstawowym informacjom dostarczanym przez system GPS łatwym do wyznaczenia.

Ważne: W tabeli poniżej części informacyjnej znajduje się lista wcześniej zapisanych miejsc (pomiar jednostkowy). Aby wyznaczyć odległość do danego punktu należy zatrzymać pomiar, wybrać odpowiednią pozycję z listy puntków i wznowić pomiar. W tym momencie, program będzie obliczał odległość od wskazanego miejsca. Aby dodać jakiś punkt "z ręki" należy wejść do modułu PRZEGLĄDANIE WYNIKÓW POMIARÓW PJ.

## Rejestracja PC

Moduł ten automatycznie zapisuje dane z pomiaru naszego położenia, aby móc później dokonywać analiz. W celu przeglądania danych należy przejść do modułu PRZEGLĄDANIE WYNIKÓW POMIARÓW CIĄGŁYCH - PC.

Po zakończeniu pomiarów moduł przekaże odpowiedni komunikat o zakończeniu operacji.

Funkcje poszczególnych przycisków:

- [START/STOP] rozpoczęcie/zatrzymanie odczytu danych z urządzenia.
- [WYJŚCIE] wyjście z opcji. Przed wyjściem należy wykonać [STOP] pomiarów.
- Nazwa zbioru nazwa pliku pod którą będą zapisywane dane odczytywane z urządzenia. Format pliku Paradox [db]
- Czas START i STOP powinny być zgodne z czasem odbiornika GPS (UTC), czyli 2h w stosunku do naszego czasu.
- Interwał odstęp między poszczególnymi odczytami z urządzenia.

#### Wyniki PJ

Moduł ten umożliwia podgląd zapisanych danych pomiarów jednostkowych (PJ) oraz ich edycję i drukowanie. Pomiary jednostkowe są zapisywane do wspólnej bazy w formacie Paradox, co powoduje, że w prosty sposób można je przekonwertować do bp. DBF, XLS, MDB itp.

Funkcje poszczególnych przycisków:

- [DODAJ] dodanie własnego punktu "z ręki" do bazy. Jest to przydatne np. do wyznaczania odległości z module Pomiary i dane astronomiczne, aby wyznaczyć odległość aktualnego położenia od np. Londynu.
- [EDYCJA] zmiana danych tylko do punktów wprowadzonych "z ręki".
- [USUŃ] usunięcie zapisu z bazy.

- [DRUKUJ LISTA] drukuje aktualnie wyświetlone dane w tabeli na drukarce systemowej.
- [FILTR] umożliwia zawężenie wyświetlania danych tylko do pojedynczego dnia. Tu należy podać w okienku obok właściwą datę.
- [WYJŚCIE] wyjście z modułu.

## Wyniki PC

Moduł ten umożliwia podgląd zapisanych danych pomiarów ciągłych. Pomiary ciągłe są zapisywane do baz w formacie Paradox, co powoduje, że w prosty sposób można je przekonwertować do bp. DBF, XLS, MDB itp.

Funkcje poszczególnych przycisków:

- [PLIK] import danych z określonego zbioru z wynikami pomiarów ciągłych.
- [DANE] powoduje wyświetlenie na ekranie danych w postaci punków w układzie współrzędnych. Funkcję należy uruchamiać po zaimportowaniu danych opcja [PLIK].
- [TABELA] podgląd danych w postaci tabelarycznej. Funkcję należy uruchamiać po zaimportowaniu danych opcja [PLIK]. Umożliwia drukowanie danych
- [SIATKA] nałożenie na układ siatki ułatwiającej oglądanie danych.
- [LINIA] pokazuje kolejność zapisu punktów do bazy.
- Przedział pomiarów umożliwia zawężenie zakresu wyświetlanych danych do żądanej ilości.

#### Ustawienia odbiornika

Moduł ten umożliwia weryfikację pracy urządzenia GPS. Ważnym jest, aby przeczytać dokładnie dokumentację do urządzenia, przed pracą z modułem. Opis funkcji zamieszczonych w module znajduje się w szczegółowej dokumentacji do odbiornika ONCORE GPS.

#### Symulacje

Moduł ten umożliwia wykonanie symulacji ruchu satelitów na orbicie. Symulacja I przedstawia widok z równika, Symulacja II przedstawia widok z bieguna. Oznaczenie przycisków:

[START] - rozpoczęcie symulacji.

- [START] TOZPOCZĘCIE Symulacji
   [STOP] zatrzumania sumulacji
- [STOP] zatrzymanie symulacji.
- [WYJŚCIE] wyjście z modułu.

#### DRGANIA I FALE AKUSTYCZNE, KOMPUTEROWA ANALIZA DŹWIĘKU

Andrzej Karbowski, Józefina Turło

#### Cele ogólne

- 1. Utrwalenie podstawowych pojęć fizycznych odnoszących się do drgań i fal.
- 2. Poznanie podstawowych zasad wytwarzania, rejestracji i analizy dźwięku przy pomocy komputera.

#### Cele operacyjne

Nabycie umiejętności:

- 1. Generacji figur Chladniego na ekranie monitora używając programu CHLADNI.
- 2. Poznanie możliwości programu COOLEDIT.
- 3. Opanowanie umiejętności prawidłowego operowania zestawem akustycznym w celu przejrzystej rejestracji zjawisk, a w szczególności dudnień (uzyskanie "klasycznego" dudnienia przez jednakowe pobudzenie obu kamertonów).
- 4. Przypomnienie wielkości opisujących fale dźwiękowe oraz pogłębienie fizycznych podstaw dotyczących zjawiska dudnienia.
- 5. Prawidłowej analizy i interpretacji fizycznej otrzymanych wyników.

#### Zadania do wykonania:

#### I. Figury Chladniego

Uruchom program CHLADNI, którego ikona znajfuje się na pulpicie systemu Windows.

Przedstaw figury Chladniego na ekranie monitora dla następujących parametrów:

l.p.	częstotliwość fx	częstotliwość fy	przesunięcie fazowe FI
1	2	3	0
2	2	3	45
3	2	3	60
4	3	3	0
5	3	3	30
6	3	3	45

Zaproponuj własne parametry i wygeneruj odpowiednie figury Chladniego.

II. Rejestracja i analiza fal dźwiękowych przy pomocy programu COOLEDIT

#### Przygotowanie pomiarów

W celu zarejestrowania i odwarzania fal akustycznych podłącz mikrofon i dwa głośniki do karty dźwiękowej typu SoundBlaster. Z pulpitu systemu Windows lub z menu START uruchom program COOLEDIT.

#### Zadania do wykonania:

#### 1. Zarejestrowanie fragmentów mowy

Przy pomocy programu COOLEDIT zarejestruj, zapisz do pliku i dokonaj przeglądu kilku wybranych samogłosek i spółgłosek np. a, u, o, k, m, d. Możesz to uczynić wybierając z głównego menu programu opcję FILE, a następnie NEW. W okienku *New Waveform* wybierz *Sample Rate* **6000**, *Channels* **Mono**, *Resolution* **8-bit** i kliknij na przycisku OK. Używając przycisku **Record**, znajdującego się w lewym dolnym rogu okna programu rozpocznij rejestrację dźwięku, aż do naciśniecia przycisku **Stop**.

Aby powiększyć oscylogram należy zaznaczyć myszką wybrany jego fragment i nacisnąć przycisk **Zoom**, natomiast żeby go pomniejszyć wystarczy kliknąć na przycisku **Out**. Jaka jest podstawowa różnica występująca między głoskami dźwięcznymi a bezdźwięcznymi? W podobny sposób zarejestruj i przeanalizuj oscylogramy krótkich wyrazów np. as, kot, mama, tata, lala, itd. Przeglądając niektóre fragmenty oscylogramu (również w powiększeniu), postaraj się rozróżnić poszczególne głoski.

#### 2. Dokładny pomiar częstotliwości drgań kamertonu

Uderz młoteczkiem w widełki stroikowe kamertonu o częstotliwości nominalnej 440 Hz i umieść mikrofon w pobliżu jego otworu. Zarejestruj fale akustyczne wywołane drganiem widełek kamertonu.

Korzystając z możliwości powiększania oscylogramu obejrzyj obszar zajęty przez kilka pełnych fal. Zaznacz dokładnie jedną falę (patrz rys. 1) i powiększ ją oraz odczytaj w dolnym prawym rogu okna programu **Time** - jej okres (czas trwania).



Rys. 1. Wyznaczanie okresu i częstotliwości fali dźwiękowej.

Chcąc otrzymać częstotliwość tej fali, wystarczy obliczyć odwrotność wartości **Time**. Wynik otrzymany w ten sposób będzie jednak mało dokładny. W celu uzyskania większej dokładności należy zaznaczyć np. 10 fal, odczytać czas **Time** i podzielić go przez 10.

Najdokładniejszy wynik przy obliczaniu częstotliwości fali uzyskamy stosując analizę Fouriera, wybierając z głównego menu programu opcję ANALYZE, a następnie FREQUNCY ANALYSIS. Wystarczy na dole okna Analysis odczytać wartość **Frequency**.

#### 3. Wyznaczenie częstotliwości współtworzących dudnienia – opis teoretyczny

Dudnienia powstają wówczas, gdy nakładają się ze sobą dwie fale o częstościach niewiele różniących się od siebie, przy czym efekt jest najwyraźniejszy, gdy ich moc jest w przybliżeniu równa. Aby wytworzyć takie dudnienia bierzemy dwa kamertony, z których jeden przestrajamy doczepiając dodatkową masę, po czym pobudzamy je do drgań. Wytworzona w ten sposób fala akustyczna, będąca złożeniem dwóch fal o różnych częstościach, ma charakter fali modulowanej (za dudnienia odpowiedzialna jest właśnie ta modulacja). Częstość nośną fali oraz częstość modulacji możemy powiązać z częstościami źródłowymi (tzn. z częstościami obu kamertonów) korzystając z odpowiednich wzorów trygonometrycznych. Dokonujemy zatem superpozycji (nałożenia) dwu fal o różnych lecz niewiele różniących się częstościach; fale te opisują funkcje  $\psi_1$  i  $\psi_2$ :

$$\psi_1 = A \cos(\omega_1 t + \varphi_1)$$
  

$$\psi_2 = A \cos(\omega_2 t + \varphi_2)$$
  

$$\omega_1 \approx \omega_2 .$$
(1)

Po złożeniu otrzymamy:

$$\psi = \psi_1 + \psi_2 = A \left[ \cos(\omega_1 t + \phi_1) + \cos(\omega_2 t + \phi_2) \right].$$
(2)

Po zastosowaniu wzoru na sumę *cosinusów* przekształcimy (2) do postaci:

$$\psi = \left[2A\cos(\frac{\omega_1 t + \varphi_1 - \omega_2 t - \varphi_2}{2})\right] \cdot \cos(\frac{\omega_1 t + \varphi_1 + \omega_2 t + \varphi_2}{2}) \tag{3}$$

lub

$$\psi = \left[2A\cos(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} \cdot t + \phi')\right] \cdot \cos(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \cdot t + \phi'') \quad . \tag{4}$$

Wzór (4) interpretujemy następująco: czynnik ujęty w nawias kwadratowy odpowiada za zmieniającą się amplitudę drgań, czyli modulację (jest on wolnozmienny, ponieważ ( $\omega_1$ - $\omega_2 \rightarrow 0$ ), drugi czynnik zaś odpowiedzialny jest za falę nośną. Powyższy wzór możemy zatem zapisać następująco:

$$\psi = [2A\cos(\omega_{\text{mod}}t + \phi')] \cdot \cos(\omega_{\text{nos}}t + \phi'')$$
(5)

gdzie:

$$\omega_{\rm mod} = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} \quad i \qquad \omega_{\rm now} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} . \tag{6}$$

Dzieląc wzory (6) stronami przez  $2\pi$  otrzymamy:

$$f_{mod} = \frac{f_1 - f_2}{2}$$
 i  $f_{now} = \frac{f_1 + f_2}{2}$ . (7)

gdzie f oznacza częstotliwość.

#### 4. Wyznaczenie częstotliwości modulacji (f<sub>mod</sub>) i częstotliwości fali nośnej (f<sub>noś</sub>).

Ustaw dwa kamertony otworami naprzeciwko siebie. Umieść dodatkowy metalowy element na widełkach jednego z kamertonów, aby częstotliwość wytwarzanej fali była nieco niższa od wytwarzanej fali przez drugi kamerton. Uderz mocno młoteczkiem widełki obydwu kamertonów i przystaw mikrofon jak najbliżej ich otworów. Zarejestruj wytworzoną falę akustyczną przy pomocy programu i przeanalizuj oscylogram w powiększeniu.



Rys. 2. Wyznaczanie częstotliwości dudnień.

Wyznacz długość trwania zaznaczonego przebiegu (patrz rys. 2) oraz oblicz odwrotność tego okresu czasu, która jest poszukiwaną częstotliwością modulacji. Aby obliczyć częstotliwość fali nośnej powieksz dowolny fragment oscylogramu, zaznacz jedną falę (patrz rys. 3) i oblicz odwrotność okresu (wartość **Time**).



Rys. 3. Wyznaczanie częstotliwości fali nośnej.

5. Na podstawie znajomości częstotliwości modulacji i częstotliwości fali nośnej oblicz częstotliwości fal współtworzących dudnienia.

Należy przekształcić i wykorzystać wzory (7) oraz obliczyć f<sub>1</sub> i f<sub>2</sub>.

III. Wykorzystanie oprogramowania DRGANIA - FALE - DŹWIĘK do realizacji zagadnień dotyczących nauczania elementów akustyki

#### Uwaga

Oprogramowanie DRGANIA - FALE - DŹWIĘK (Vulcan Media) dostępne jest w katalogu C:\DZWIEK (środowisko DOS). Dokumentacja programu znajduje się w załączniku 2.

#### Zadania do wykonania

Zapoznać się z elementami oprogramowania szczególnie istotnymi dla procesu syntezy i analizy dźwięku (tzw. karty: BRZMIENIE, FOURIER, INSTRUMENTY) oraz wykorzystać je przy następujących tematach lekcji:

- 1. Składanie drgań równoległych.
- 2. Składanie drgań prostopadłych.
- 3. Superpozycja fal.
- 4. Równanie fali stojącej.
- 5. Barwa i natężenie dźwięku.

#### Literatura

- [1] J. Turło, red., Doświadczenia fizyczne wspomagane komputerowo, Pracownia Dydaktyki Fizyki IF UMK, 1995.
- [2] Sz. Szczeniowski, Fizyka doświadczalna, cz. I, PWN, Warszawa 1972, ss. 622-629.
- [3] T. M. Lee, L. B. Johnson, M. L. Gable, Dźwięk w Windows, Intersoftland, 1994.
- [4] W. Karbowski, Dźwięk w nauczaniu fizyki z wykorzystaniem metod tradycyjnych i typu multimedia, Wiesław Karbowski, Praca magisterska, Instytut Fizyki UMK, Toruń 1995.
- [5] F. C. Crawford Fale, PWN, 1979.
- [6] P. H. Lindsay, D. A. Norman, Procesy przetwarzania informacji u człowieka, PWN 1984.

#### POMIAR HAŁASU I INFRADŹWIĘKÓW W ŚRODOWISKU BADANIE SŁUCHU

Józefina Turło, Krzysztof Służewski, Zygmunt Turło

#### Cele ogólne

- 3. Utrwalenie podstawowych pojęć fizycznych odnoszących się do drgań i fal akustycznych.
- 4. Poznanie podstawowych zasad wytwarzania, rejestracji i analizy dźwięku przy pomocy komputera.
- 5. Uświadomienie konieczności pomiarów natężenia hałasu i infradźwięków środowisku oraz ich szkodliwości dla człowieka.

#### Cele operacyjne

Nabycie umiejętności:

- 6. Pomiaru natężenia dźwięku przy pomocy komputerowego autonomicznego rejestratora danych firmy Leybold.
- 7. Oceniania jak różne materiały pochłaniają fale akustyczne.
- 8. Rejestracji infradźwięków w środowisku przy użyciu rejestratora danych Infralogger, skonstruowanego w IF UMK Toruń.
- 9. Analizy oscylogramów infradźwięków posługując się programem CoolEdit.
- 10. Badania słuchu korzystając z konsoli pomiarowej "Audiometru diagnostycznego".
- 11. Posługiwania się programem Audiometr celem szczegółowej analizy wyników badań słuchu.

#### I. Hałas w środowisku

#### Zadania do wykonania:

- 1. Poniższy schemat przedstawia zestaw doświadczalny służący do pomiaru natężenia dźwięku w decybelach (dB) z wykorzystaniem czujników dźwięku połączonych z rejestratorem danych firmy LEYBOLD. Wykorzystują komputerowy rejestrator natężenia dźwięku zarejestruj poziom hałasu dochodzący z różnych źródeł zewnętrznych np. głośna rozmowa, krzyk, muzyka, śpiew, brawa, etc.
- 2. Poziom dźwięku może być modyfikowany, gdy różne materiały (metalowa płytka, kawałki papieru, wełna albo pianka, itp.) są umieszczane między źródłem dźwięku a czujnikami. Zbadaj, które materiały najlepiej pochłaniają hałas.



Rys. 1. Zestaw do badań natężenia dźwięku.

Ustaw czujnik dźwięku w odległości ok. 10 cm od otworu kamertonu. Uderz młoteczkiem w widełki kamertonu i obserwuj wyświetlacz rejestratora. W momencie, gdy wartość natężenia dźwieku osiągnie 100 dB zasłoń otwór kamertonu badanym materiałem i zapisz drugi odczyt. Rejestrator wyświetla wynik z opóźnieniem po 1 s, z tego powodu nie należy zapisywać pierwszego odczytu, gdyż wskazuje on jakie było natężenie dźwięku w momencie zasłaniania otworu kamertonu.

Przedstaw wyniki swoich badań i określ, które materiały najlepiej pochłaniają fale akustyczne.

## II. Rejestracja i analiza infradźwięków

#### Zadania do wykonania:

- 1. W celu zapoznania się z obsługą rejestratora infradźwięków zapoznaj się z intrukcją zamieszczoną w Załączniku 1.
- 2. Zarejestruj infradźwięki za pomocą infraloggera powstałe w wyniku:
- klaskania,
- zamykania okna,
- dmuchania w pobliżu czujnika,
- wachlowania kartką papieru,
- uderzania dłonią w blat stołu,
- wejścia po schodach na II piętro budynku IF.

## Uwaga:

## Za każdym razem postępuj zgodnie z procedurą podaną w załączniku 1, a następnie przeanalizuj oscylogramy przy pomocy programu COOLEDIT.

- 3. Po uruchomieniu programu klikając dwukrotnie myszką na ikonie "CoolEdit", znajdującej się na pulpicie, z menu FILE wybierz opcję OPEN i znajdź katalog c:\INFRA. Wczytaj odpowiedni plik z rozszerzeniem WAV. Rozpoznaj na oscylogramie, które fragmenty odpowiadają poszczególnym zjawiskom (czynnościom podczas których generowane były infradźwięki). Bardziej interesujące szczegóły obejrzyj w powiększeniu, zaznaczając je myszką i naciśnij przycisk ZOOM.
- 4. Zastanów się nad odpowiedzią na pytanie: które z zarejestrowanych infradźwięków są dla nas najbardziej szkodliwe?

#### III. Badanie słuchu przy pomocy audiometru diagnostycznego

# Audiometr diagnostyczny (model AD 25) jest nowoczesnym urządzeniem, które służy do badania progu słyszenia. Posiada wiele zalet – łatwy w obsłudze, niewielki, lekki, ma możliwość współpracy z komputerem poprzez wyjście RS 232.

Urządzenie jest wyposażone w funkcję automatycznego wykrywania progu słyszenia nazwaną Auto Treshold. Przeprowadzany test jest zgodny ze standardem ISO 8253. Oznacza to, że określenie progu słyszenia następuje automatycznie za pomocą metody zwiększania poziomu
sygnału o 5 dB, aż do uzyskania reakcji pacjenta. Następnie poziom obniżany jest o 10 dB i znowu zwiększany o 5 dB, aż do uzyskania reakcji. Rzeczywisty próg słyszenia określany jest za pomocą 2 z 3 lub 3 z 5 prawidłowych reakcji, zależnie od ustawienia przyrządu. Wynik można odczytać z ekranu komputera lub bezpośrednio z wyświetlacza urządzenia. Aby wyświetlić dane na ekranie komputera, należy "ściągnąć" dane z audiometru.



Rys. 2. Przykładowe wykresy przedstawiające zależność progu słyszenia (w dB) dla ucha prawego i lewego od częstotliwości dźwięku (w kHz).

#### Procedura badania słuchu

Na początku sprawdź czy wtyczka przewodu łącząca konsolę pomiarową AUDIOMETR do badania słuchu jest podłączona do portu szeregowego komputera COM2. Włącz AUDIOMETR przy pomocy przycisku znajdującego się na tylnej ściance urządzenia. Następnie naciśnij jednocześnie dwa przyciski TONE SWITCH i STORE celem zresetowania pamięci konsoli. Nałóż odpowiednio słuchawki i zwróć uwagę na dokładne dociśnięcie ich do małżowin usznych. Aby rozpocząć pomiar słuchu naciśnij przycisk AUTO TRESHOLD. Kiedy usłyszysz jakiekolwiek dźwięki w słuchawkach naciskaj przycisk czarnego manipulatora. Pomiar trwa od 10 do 15 minut.

Aby przeanalizować wyniki badania słuchu uruchom z pulpitu program AUDIOMETR. Jeżeli program wyświetli błąd naciśnij przycisk "Zignoruj". Wybieramy "Names and Tests" z głównego menu programu, a następnie wpisujemy swoje dane do bazy (bez tego program nie będzie działał). Zapisz dane używając przycisku SAVE i wybierz opcję "Tests". Program zapyta jeszcze raz o to, kto jest badany. Wpisz tylko swoje inicjały i zatwierdź naciskając przycisk "Run Test". Pojawi się okno "Tone Audiogram". Wybierz z górnego menu opcję TRANSFER, a następnie "Get Data". Po paru sekundach wynik powinien się pojawić na ekranie.

# Załącznik 1

# OBSŁUGA REJESTRATORA INFRADŹWIĘKÓW

## I. Rozpoczęcie zapisu danych

- Naciskamy 2x ENTER (ENTER + ENTER)
- Wybieramy wartość M (liczba pomiarów, które będą uśredniane do jednego) przy pomocy klawiszy NEXT lub PREVIOUS
- Naciskamy ENTER, wybieramy wartość F (liczba pomiarów w ciągu jednej sekundy) przy pomocy tych samych klawiszy. Maksymalne wartości M i F muszą być mniejsze od 3500.
- Naciskamy ENTER, pojawia się domyślna nazwa pliku, do którego będą zapisywane dane. Można ją zmienić. Pozycję kursora zmieniamy klawiszami ENTER lub ESCAPE, a litery/cyfry zaznaczone kursorem klawiszami NEXT lub PREVIOUS.
- Naciskamy ENTER tyle razy, aż na wyświetlaczu pojawi się komunikat RECORD. Po naciśnięciu ENTER rozpoczyna się zapis danych (praca infraloggera).
- W celu zakończenia zapisu danych naciskamy NEXT. Pojawia się napis STOP naciskamy ENTER, aby zatwierdzić.

## II. Przesłanie danych do komputera

- Naciskamy 2x ECSAPE jesteśmy w Sample Menager.
- Naciskamy ENTER i 2x NEXT
- Widzimy nazwę pliku, który utworzykiśmy
- Uruchamiamy ponownie komputer w trybie MS-DOS (menu START Zamknij system)
- Wyjmujemy wtyczkę myszy z portu szeregowego COM1 i władamy wtyczkę kabla infraloggera
- Zmieniamy katalog, wpisz cd c:\infra
- Uruchamiamy program **add.exe**
- Na ekranie komputera pojawia się napis "Czekam na dane..."
- Naciskamy 2x ENTER na Infraloggerze
- Dane zostają przesłane, w katalogu, z którego uruchamialiśmy program pojawia się plik z rozszerzeniem .wav dane z naszego pomiaru
- Kończymy działanie programu naciskając ENTER na klawiaturze komputera
- Wyjmujemy wtyczkę od kabla infraloggera i wkładamy wtyczkę od myszy do portu COM1
- Wracamy do systemu Windows napisz exit i wciśnij ENTER.

## III. Ustawianie interwału zapisu

- Naciskamy 2x NEXT, a następnie ENTER w celu ustawienia bieżącej godziny
- Pozycję kursora zmieniamy klawiszami ENTER lub ESCAPE, a litery/cyfry zaznaczone kursorem klawiszami NEXT lub PREVIOUS
- Po ustawieniu godziny naciskamy tyle razy ENTER, dopóki kursor nie zniknie, a następnie ESCAPE jesteśmy w Sample Manager
- Naciskamy 3x NEXT (Alarm number One) i raz ENTER
- Ustawiamy godzinę rozpoczęcia pomiaru (tak, żeby pomiar rozpoczynał się 5-7 minut później), a następnie tyle razy ENTER, aż powrócimy do Alarm number One
- Naciskamy NEXT (pojawia się Alarm number Two) i ENTER, a następnie tak, jak powyżej ustawiamy godzinę zakończenia pomiaru.

- Naciskamy tyle razy ENTER, aż powrócimy do Alarm number Two
- Naciskamy 2x NEXT (Settings), a następnie Enter (Turned off)
- Naciskamy NEXT (Start rec) i akceptujemy ENTER wpisaliśmy, że Alarm number One ma rozpoczynać pomiar
- Naciskamy 2x NEXT (Stop rec) i akceptujemy ENTER wpisaliśmy, że Alarm number Two ma kończyć pomiar
- Teraz musimy otworzyć plik, do którego wpisywane będą dane
- Powracamy do poziomu Sample Manager
- Naciskamy 2x ENTER (ENTER + ENTER)
- Wybieramy wartość M (liczba pomiarów, które będą uśredniane do jednego) przy pomocy klawiszy NEXT lub PREVIOUS
- Naciskamy ENTER, wybieramy wartość F (liczba pomiarów w ciągu jednej sekundy) przy pomocy tych samych klawiszy. Maksymalne wartości M i F muszą być mniejsze od 3500.
- Naciskamy ENTER, pojawia się domyślna nazwa pliku, do którego będą zapisywane dane. Można ją zmienić. Pozycję kursora zmieniamy klawiszami ENTER lub ESCAPE, a litery/cyfry zaznaczone kursorem klawiszami NEXT lub PREVIOUS.
- Naciskamy ENTER tyle razy, aż na wyświetlaczu pojawi się komunikat RECORD. Tym razem nie naciskamy Enter. Pomiar rozpocznie się i zakończy o godzinach, które zaprogramowaliśmy.
- Po zakończeniu pomiaru przesłanie danych do komputera następuje w sposób analogiczny, jak w punkcie II.

Karbowski, Praca magisterska, Instytut Fizyki UMK, Toruń 1995.

[1] Sz. Szczeniowski, cz. I, PWN, Warszawa 1972, ss. 622-629.

- [2] P. H. Lindsay, D. A. Norman, Procesy przetwarzania informacji u człowieka, PWN 1984.
- [3] T. M. Lee, L. B. Johnson, M. L. Gable, Dźwięk w WindowsIntersoftland, 1994.
- [4] M. Siemiński, Fizyka zagrożeń srodowiska, WN PWN, Warszawa, 1994.
- [5] W.M. Bandera, K.A. Badziąg, Hałas i drgania, Wyd. NFOŚ, Warszawa, 1995.
- [6] J. Turło, red., Doświadczenia fizyczne wspomagane komputerowo, Pracownia Dydaktyki Fizyki IF UMK, 1995.
- [7] J.Turło, Envoronmental Noise (Proposition of teaching), cz. I i II, Nauczanie Przedmiotów Przyrodniczych, TopKurier, Vol 15, nr 3i 4, 2005.

#### POMIAR WILGOTNOŚCI POWIETRZA ORAZ BADANIE ZJAWISK CIEPLNYCH Z WYKORZYSTANIEM REJESTRATORA DANYCH

Krzysztof Służewski, Józefina Turło

#### 1. Cele zajęć

#### Cele ogólne

- 1. Przyswojenie sposobów pracy z rejestratorem LOGIT DATAMETER 1000 w pomiarach środowiskowych.
- 2. Poznanie różnych aspektów zjawisk cieplnych na wybranych przykładach.
- 3. Poznanie oprogramowania współdziałającego z rejestratorem danych LOGIT DATAMETER 1000.

#### Cele operacyjne

Nabycie umiejętności:

- sprawdzenia faktu i zrozumienie, że produktem spalania jest m. in. woda,
- sprawdzenia faktu, że wysiłkowi fizycznemu towarzyszy wzrost temperatury ciała,
- sprawdzenia i wyjaśnienia faktu, że kolory ciemne bardziej pochłaniają energię cieplną niż jasne,
- sprawdzenia i wytłumaczenia faktu, dlaczego ciała można szybciej ochłodzić w cieczach niż w gazach,
- odpowiedzi na pytanie: "dlaczego słonie mają duże uszy".
- wyjaśnienia odpowiedzi na pytanie: "dlaczego zimą posypujemy drogi solą?"
- rozumienia problemu: "dlaczego "ciepła woda" zamarza w zamrażalniku szybciej niż zimna".

#### 2. Metoda pracy

Praktyczne ćwiczenia laboratoryjne wspomagane komputerowo.

#### 3. Forma pracy

Aktywna praca w zespołach 2-osobowych pod kierunkiem prowadzącego, praca zbiorowa.

#### 4. Środki dydaktyczne i materiały

- Instrukcje do zadań,
- Rejestrator danych LOGIT DATAMETER 1000 z oprogramowaniem INSIGHT.

#### 5. Planowany przebieg zajęć

#### Zadania do wykonania:

1. Przeprowadź pomiary temperatury oraz zmian wilgotności powietrza podczas spalania



#### Podstawy teoretyczne zadania

Niektóre pierwiastki będące składnikami atmosfery ziemskiej występują w postaci cząsteczek (molekuł dwuatomowych) np. tlen $(O_2)$  czy azot $(N_2)$ . Znaczy to, że ich atomy łączą się w grupy. Na naszym rysunku wodór i tlen łączą się w pary, a fosfor w czwórki.



Naszym zadaniem jest wykazanie, że w czasie spalania zwiększa się wilgotność powietrza. Ponieważ woda posiada wzór chemiczny H<sub>2</sub>O najłatwiej napisać jest równanie:

Wodór + Tlen 
$$\rightarrow$$
 Woda,

lub symbolami:

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$
,

lub też np.:



Tlen w wystarczającej ilości znajduje się w powietrzu, lecz skąd wziąć wodór by mogła powstać woda?

Przejdźmy więc do przykładu praktycznego: zapalmy gaz w kuchni. Niezależnie od tego czy mamy doprowadzony gaz ziemny czy korzystamy z butli gazowej, w obu przypadkach naszym paliwem jest metan o wzorze chemicznym CH<sub>4</sub>. Sprawdźmy więc co się dzieje, gdy spalamy metan w tlenie:

$$\mathrm{CH}_4 + 2\mathrm{O}_2 \rightarrow \mathrm{CO}_2 + 2\mathrm{H}_2\mathrm{O}.$$

Tak więc produktami takiej reakcji są dwutlenek węgla i woda! Również w czasie palenia się świecy zachodzi podobna reakcja. Mianowicie, następuje rozpad weglowodorów i powstawanie dwutlenku węgla i wody.

## Część praktyczna

#### Przygotowanie zestawu doświadczalnego

Do przeprowadzenia doświadczenia będziemy potrzebować:

- 1. wysokiego naczynia o pojemności co najmniej 51 wykonanego z materiału odpornego na działanie wysokich temperatur,
- 2. małą nie dymiącą świeczkę (np. do podgrzewania olejków zapachowych),
- 3. rejestratora danych DATAMETER 1000 wraz z dwoma czujnikami temperatury oraz czujnikiem wilgotności,
- 4. komputera typu PC z zainstalowanymi systemami operacyjnymi DOS i WINDOWS oraz programami "LogIT" i "Insight",
- 5. kabla szeregowego do połączenia rejestratora z komputerem.

#### Wykonanie zadania

- 1. Zestaw układ pomiarowy, jak na poniższym rysunku (świeczkę w naczyniu umieść dopiero po uruchomieniu rejestratora).
- 2. Podłącz kablem szeregowym DATAMETER 1000 do komputera.
- 3. Podłącz czujniki do rejestratora i włącz go wciskając niebieski przycisk.



Schemat układu pomiarowego.

4. Rejestrator automatycznie przełączy się w tryb miernika. Po ukazaniu się odczytów (1 wilgotności i 2 temperatury) DATAMETER jest gotowy do pracy.

Aby rozpocząć pomiar należy załadować system operacyjny "Windows" i uruchomić program "Sensing" z katalogu "Insight" następnie wybrać "Start" z menu "Collect" lub bezpośrednio "Start" umieszczony w lewym górnym rogu ekranu. Po umieszczeniu świeczki wewnątrz naczynia możemy obserwować zmiany wartości temperatury i wilgotności bezpośrednio na monitorze.

#### Uwaga:

- Czynności te należy wykonywać w miarę możliwości szybko, gdyż po pewnym czasie DATAMETER powraca do trybu miernika.
- Przyciski rejestratora są bardzo czułe i nie ma potrzeby używać dużej siły!

Całe doświadczenie trwa kilka minut, dlatego też ustawiamy czas pomiaru (timespan) na 6-7 minut.

#### Uwaga:

- Przycisk czerwony przerywa pomiar.
- Zakresy czujników są następujące:

Czujniki temperatury: $-10 \div 110 \degree C$ Czujnik wilgotności: $10 \div 90 \% RH$ 

# Jeśli którykolwiek z czujników zbliży się do wartości maksymalnie dopuszczalnej, pomiar należy przerwać i zgasić świeczkę.

- Nie zanurzać czujnika wilgotności w wodzie!
- Rejestrator posiada tryb oszczędzania energii, może więc po pewnym czasie (nawet w trakcie pomiaru) wyłączyć wyświetlacz. Należy wówczas jednokrotnie wcisnąć przycisk niebieski.

Poniżej przykładowy wynik otrzymany w jednym z pomiarów.



# 2. Sprawdź, czy temperatura naszego ciała zmienia się, gdy wykonujemy ćwiczenia fizyczne lub pracę oraz gdy np. spryskujemy je dezodorantem?

W celu wykonania tego doświadczenia potrzebny jest czujnik temperatury i komputerowy rejestrator danych (np. DataLogger 1000 firmy LogIT) oraz odpowiednie oprogramowanie do przetwarzania i analizy danych pomiarowych "Insight".

Czujnik przymocowujemy do naszego ciała i czekamy, aż temperatura przestanie wzrastać. Następnie wykonujemy kilka ćwiczeń fizycznych, np. 30 przysiadów. Po pewnym czasie temperatura naszego ciała zaczyna rosnąć, ale jeżeli nie pracujemy fizycznie znów wraca do wartości stanu początkowego (patrz wykres poniżej). Zmiana temperatury nie jest duża (ok. 0,2  $^{0}$ C), ale wyraźna.



Zmiana tenperatury ciała człowieka po wysiłku fizycznym (po 1 minucie pomiaru)

Przykładowy wynik pomiaru (uśredniony)

Następnie miejsce, w którym umieszczony jest czujnik spryskujemy dezodorantem i notujemy wartości temperatury.





Jak widać, efekt jest prawie natychmiastowy - temperatura obniża się o ok. 2 <sup>0</sup>C, ponieważ dezodorant potrzebuje energii cieplnej na wyparowanie.

# 3. Przeprowadź modelowe doświadczenie w ceku uzyskania odpowiedzi na pytanie: dlaczego słoń ma duże uszy, a pies długi język?

Aby odpowiedzieć na to pytanie należy wykonać proste doświadczenie. Potrzebne nam będą dwie puszki po napojach (0,5 l), kawałek folii aluminiowej, odkurzacz i miernik z dwoma czujnikami temperatury. Z folii aluminiowej wycinamy "uszy słonia" i przyklejamy do jednej z puszek. Następnie obie puszki napełniamy wodą o takiej samej, możliwie wysokiej temperaturze. Wkładamy czujniki do puszek, ochładzając je strumieniem powietrza z odkurzacza. Już po chwili spostrzegamy, że puszka z radiatorem szybciej się oziębia niż puszka bez radiatora (rysunek poniżej).



Przykładowy wynik pomiaru

Mogłoby się wydawać, że różnica temperatur nie jest zbyt duża, ale dla żywego organizmu (np. słonia lub psa) podczas upałów, obniżenie temperatury o każdą dziesiętną część stopnia Celsjusza ma bardzo duże znaczenie.

#### 4. Sprawdź doświadczalnie jaki rodzaj gleby jest korzystniejszy dla wzrostu roślin?

W tym doświadczeniu oprócz miernika i czujników temperatury będziemy używać lampy o dużej mocy i dwu rodzajów gleby (najlepiej znacznie różniących się od siebie np.: czarnoziem i piasek). Gleby wsypujemy do dwóch części płaskiego naczynia tak, aby się ze sobą nie stykały, a jednocześnie, żeby żarówka mogła je równomiernie oświetlić. Wkładamy do nich czujniki temperatury i włączamy żarówkę. Już po chwili widać, że czarnoziem szybciej się nagrzewa niż piasek (patrz rysunek poniżej).





Gdy różnica temperatur staje się wyraźna wyłączamy żarówkę, przez cały czas mierząc temperatury. Okazuje się, że sytuacja odwraca się. Czarnoziem szybciej niż piasek ogrzewa się, ale również łatwiej oddaje energię cieplną do otoczenia.

# 5. Przeprowadź doświadczenie, które pozwoli Ci odpowiedzieć na pytanie: czy łatwiej osiągnąć punkt równowagi termicznej z otoczeniem nagrzanego ciała znajdującego się w powietrzu czy w wodzie?

Aby wykonać to doświadczenie potrzebne nam będą dwie puszki po napojach (0,5 l), duże naczynie z wodą o temperaturze pokojowej i miernik z dwoma czujnikami temperatury. Obie puszki napełniamy wodą o takiej samej, możliwie wysokiej temperaturze. Wkładamy do nich czujniki, a następnie umieszczamy jedną z nich w naczyniu z wodą o temperaturze pokojowej. Otrzymane wyniki przedstawione są na poniższym rysunku.



Przykładowy wynik pomiaru

Wodę charakteryzuje większe ciepło właściwe od powietrza (4:1), nic więc dziwnego, że rozgrzana puszka szybciej oddaje energię cieplną, a tym samym szybciej osiąga temperaturę równowagi z otoczeniem w środowisku wodnym, niż w powietrzu.

#### 6. Dlaczego zimą posypujemy drogi solą?

Do wykonania tego doświadczenia oprócz czujnika temperatury i miernika potrzebne będą: lód i sól kuchenna oraz termos do lodów. Do termosu wkładamy trochę lodu i mierzymy jego temperaturę. Następnie posypujemy lód łyżką stołową soli. Sól posiada temperaturę pokojową, więc temperatura wskazywana w pierwszej chwili przez czujnik trochę się podwyższa, aby następnie spaść poniżej -10  $^{0}$ C (patrz rysunek).





Sól powoduje obniżenie temperatury topnienia lodu, a tym samym zamarzania wody.

# 7. Problem z zamarzaniem lodów - czyli dlaczego ciepła woda zamarza szybciej niż zimna?

To doświadczenie odbywa się zbyt długo, aby wykonać je na zajęciach, więc tylko o nim opowiemy. W modelowym doświadczeniu wykorzystujemy dwa jednakowe naczynia, zamrażarkę oraz dwa czujniki temperatury z miernikiem. Do obu naczyń wlewamy taką samą ilość wody - do jednego gorącej, a do drugiego o temperaturze pokojowej. Umieszczamy w nich czujniki temperatury i wstawiamy do zamrażarki. Dobrze jest podzielić zamrażarkę na pół przegrodą, aby pomiary nie zakłócały się wzajemnie. W którym naczyniu woda szybciej zamarznie? Jeżeli wlejemy do naczyń dużo wody, np. po 150 ml, na efekt musimy czekać ponad godzinę.



Okazuje się (patrz rysunek powyżej), że woda o początkowo wyższej temperaturze zamarzła szybciej! Jak możemy wyjaśnić ten efekt używając wiedzy o zjawiskach cieplnych? I tak zaczyna się prawdziwa nauka ...

#### Literatura

- [1] Rogers L., The use of IT in practical science, School Science Rev., 21, 1994.
- [2] McFarlane A., *The role of computer in science education*, Computer in Education, Environmental Studies, TOP KURIER, Toruń, 37, 1996.
- [3] Friedler Y. & McFarlane A., *Data logging with portable computers*, J. of Comp. in Math. and Sciece Teaching, 1996.
- [4] Szydłowski, H., Fizyczne Laboratorium Mikrokomputerowe, Poznań, 1994.
- [5] Turło J., Fizyka z komputerem, Top Kurier, Toruń, 1996.
- [6] Turło J., Turło Z., Karbowski A., *Data logging in Environmental Education*, Proc. of Girep Conf., Lubljana, 368, 1996.
- [7] Frost R., The IT in Science Book of Data Logging and Control, ASE, Hatfield 1997.
- [8] TurłoJ., Karbowski A., Osiński G, Jrybicki J., Służewski K, Turło Z., *Przyroda, doświadczenia i komputer*, PDF, IF UMK, 1998.
- [9] Frost R., R.Thornton, P.Laws, *Real Time Physics, Mod.1: Mechanics*, Wiley@Sons, Inc. New York, 1999.
- [10] Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 15 i 23 lutego 1999 roku dotyczące Reformy systemu edukacji z dniem 1 września 1999 r., W-wa oraz MEN, WSiP, 1998.
- [11] J. L. Lewis, Nauczanie fizyki, PWN, Warszawa, 1982.

#### KOMPUTEROWE BADANIE ZJAWISK ODWRACALNYCH NA PRZYKŁADZIE EFEKTU PELTIERA,

#### ZDALNE POMIARY TEMPERATURY Z WYKORZYSTANIEM PIROMETRU RAYTEK Józefina Turło, Zygmunt Turło

#### Cele ogólne

- 1. Poznanie charakterystycznego przykładu, należącego do klasy zjawisk odwracalnych w fizyce efektu Peltiera, odwrotnego do efektu termoelektrycznego Seebecka.
- 2. Zrozumienie istoty efektu Peltiera na gruncie pasmowego modelu budowy ciał stałych.
- 3. Poznanie możliwości wykorzystania efektu Peltiera w technice i ochronie środowisk oraz pobudzenie inwencji uczniów przez poszukiwanie niekonwencjonalnych zastosowań ogniw Peltiera.
- 4. Poznanie praktycznych możliwości wykorzystania bezkontaktowego pomiaru temperatury.

#### Cele operacyjne

Nabycie umiejętności:

- demonstrowania i jakościowego wyjaśniania efektu Peltiera i na jego przykładzie innych procesów odwracalnych w fizyce.
- przeprowadzenia pomiarów ilościowych zjawiska w układzie on-line z komputerem z wykorzystaniem miernika uniwersalnego firmy METEX i odpowiedniego oprogramowania WMETEX, w celu opracowania modelu procesów zachodzących w układzie z ogniwem Peltiera.
- badania innych, dowolnych procesów, w których wykorzystujemy ogniwo Peltiera jako narzędzie do dokładnej kontroli temperatury.
- wyjaśniania teoretycznych podstaw działania ogniwa Peltiera na gruncie pasmowego modelu budowy ciał stałych.
- pomiaru temperatury przy pomocy bezkontaktowego miernika temperatury RAYTEK

#### Przygotowanie układu demonstracyjno - pomiarowego

Do konstrukcji układu demonstracyjnego zastosowano moduł termoelektryczny typu TM-127-1.4-6,0M produkcji Nord Electronics złożony z 254 elementarnych złącz Peltiera z tellurku bizmutu. Złącza te są w obwodzie elektrycznym połączone szeregowo, natomiast w obwodzie termicznym są połączone parami równolegle.

Moduł termoelektryczny umieszczony został pomiędzy dwiema miedzianymi płytkami, z których jedna stanowi dno **komory roboczej**, druga natomiast dociśnięta jest do **radiatora**.

Dla zmniejszenia oporów termicznych powierzchnie styków zostały pokryte cienką warstwą pasty termoprzewodzącej, natomiast boczne powierzchnie komory roboczej zostały zaizolowane warstwą pianki poliuretanowej w celu zmniejszenia wymiany energii cieplnej z otoczeniem. W obu miedzianych płytkach zostały wywiercone kanały, aby można w nich było umieszczać termopary do pomiarów temperatury. Obudowa komory roboczej została wykonana z przezroczystego tworzywa dla uwidocznienia szczegółów konstrukcji układu pomiarowego.

Temperaturę obu stron ogniwa Peltiera można mierzyć oddzielnie przy pomocy jednej standardowej termopary, bądź też różnicowo, wykorzystując dwie termopary połączone szeregowo.

Zestaw złącz Peltiera jest zasilany prądem stałym ok. 2,5 A, przy napięciu ok. 6,5V. Do tego celu wykorzystywany jest odpowiedni zasilacz stabilizowany, z możliwością zmiany kierunku i natężenia prądu.

Do pomiarów temperatur złącz oraz napięć lub prądów zasilających moduł Peltiera wykorzystujemy uniwersalny miernik laboratoryjny firmy METEX, z łączem szeregowym do komputera IBM PC. Odpowiedni program, opracowany specjalnie do tego typu pomiarów, napisany w środowisku WINDOWS, umożliwia zarejestrowanie czasowych przebiegów wartości mierzonych temperatur w plikach danych, które mogą być przeanalizowane przy pomocy standardowych programów narzędziowych.

Przedtem jednak musimy dokonać komputerowej kalibracji wykorzystywanych w badaniach termopar.

#### Uwaga

Podczas pracy należy zachować ostrożność, szczególnie wtedy, gdy komora robocza jest grzana, gdyż może w tym przypadku łatwo dojść do zniszczenia modułu Peltiera w wyniku wzrostu temperatury złącz powyżej punktu topienia lutu spajającego złącza (około 180 °C). Dla bezpieczeństwa, celowe jest w tym przypadku umieszczenie komorze roboczej pewnej ilości wody. Ciepło parowania wody jest na tyle duże, iż zanim woda nie wyparuje całkowicie, temperatura złącz nie przekroczy granicy bezpieczeństwa.

#### Proponowane zadania demonstracyjno-pomiarowe

- Przy pomocy posiadanego zestawu doświadczalnego zademonstruj podstawową ideę zjawisk odwracalnych zachodzących w złączach Peltiera. W tym celu wykonaj następujące czynności:
- a. Do komory chłodzącej nalej niewielką ilość wody. Przy pomocy termopar, połączonych z miernikiem firmy METEX i komputerem zmierz początkową różnicę temperatur komory roboczej i radiatora, a następnie przepuść przez ogniwo Peltiera prąd w kierunku chłodzenia (biegun dodatni zasilacza dołączony do zacisku czerwonego). Na ekranie monitora obserwuj spadek temperatury komory i towarzyszący mu wzrost temperatury radiatora. Rezultat ten jest na pozór paradoksalny, ponieważ w wyniku dostarczenia do złącz energii z zasilacza temperatura jednej grupy złącz spada zamiast rosnąć, ale jednocześnie temperatura drugiej grupy złącz połączonej z radiatorem wzrasta.
- b. Odwróć kierunek przepływu prądu i obserwuj wzrost temperatury wody w komorze, a spadek temperatury ochładzanie się) radiatora; po kilku minutach, możesz wodę w komorze doprowadzić do wrzenia!

Ta obserwacja wskazuje, iż złącze Peltiera zachowuje się jak pompa cieplna wymuszająca w zależności od kierunku i natężenia prądu przepływ energii cieplnej w dowolnym kierunku, również w kierunku przeciwnym do gradientu temperatury.

c. Odłącz zasilacz i do zacisków ogniwa Peltiera dołącz małą żarówkę lub miernik napięcia. Okazuje się, iż złącze Peltiera jest teraz źródłem napięcia, mogącym dostarczyć energii wystarczającej do zaświecenia żarówki. Obserwujemy powolny spadek jasności żarówki wywołany wyrównywaniem się temperatury złącz wskutek przewodnictwa termicznego i przepływu ciepła Peltiera. Doświadczenie to jest dobrym przykładem klasycznego zjawiska odwracalnego. Przepływ prądu i ciepła są ze sobą powiązane w sposób w pełni symetryczny. Różnica temperatur złącz wywołuje przepływ prądu, natomiast różnica potencjałów złącz wywołuje przepływ energii cieplnej. d. Jak można logicznie wydedukować tylko z jakościowej obserwacji doświadczeń, wzrost temperatury radiatora jest większy, niż wynikałoby to z ilości energii prądu elektrycznego, dostarczonej ze źródła zasilania!

A więc ogniwo Peltiera działające w kierunku ogrzewania, może osiągnąć sprawność przekraczającą 100 procent, dostarczając zdecydowanie więcej energii cieplnej, w porównaniu do energii dostarczonej ze źródła zasilania. Dzieje się tak oczywiście dzięki dodatkowej energii pobieranej ze strony zimnej ogniwa, pod warunkiem jednakże, że różnica temperatur obu stron ogniwa nie będzie zbyt duża.

Spróbuj przedstawić właściwe rozumowanie dla sytuacji, kiedy ogniwo jest zastosowane w charakterze bardzo wydajnej lodówki i strona zimna ochładzana jest bardziej niż by to wynikało z prostego bilansu cieplnego.

2. Posługując się przedstawionym na rysunku poniżej fenomenologicznym modelem zjawisk fizycznych zachodzących w układzie z ogniwem Peltiera skonstruuj ilościowy model tych zjawisk. Zaproponuj własny sposób ilościowego wyznaczania wszystkich parametrów modelu. Otrzymane wyniki mogą Ci posłużyć np. do wyznaczenia liczbowej wartości współczynnika wydajności transportu cieplnego przy określonych warunkach zewnętrznych, czy też odpowiedzi na pytanie: do jak niskiej temperatury możemy ochłodzić komorę roboczą przy dopływie do niej zadanego strumienia energii cieplnej.

Zachęcamy Cię ponadto [1] do zastanowienia się nad problemem skonstruowania wydajnej maszynki do przygotowywania lodów z wykorzystaniem ogniwa Peltiera.



Energia cieplna rozpraszana do otoczenia



3. Zaproponuj własne przykłady procesów fizycznych, w których ogniwo Peltiera wykorzystasz jako narzędzie do dokładnej kontroli temperatury. Przedtem zapoznaj się z naszymi propozycjami, opisanymi poniżej.

#### Złącze Peltiera jako przyrząd pomiarowo-badawczy w nowych zastosowaniach

Prostota złącza Peltiera i łatwość z jaka można przy jego pomocy precyzyjnie sterować przepływem energii cieplnej są już w chwili obecnej punktem wyjścia do wielu ważnych zastosowań w praktyce pomiarowo-badawczej.

- Naturalnym obszarem zastosowań urządzeń wykorzystujących ogniwa Peltiera są wszelkie pomiary i doświadczenia, w których jednym z parametrów jest dokładnie kontrolowana temperatura. Można tu podać wiele przykładów z dziedziny doświadczeń fizycznych, a także biologicznych. Przy pomocy przedstawianego zestawu pomiarowego możemy w prosty sposób wyznaczyć zawartość pary wodnej w powietrzu. W tym celu wycieramy do sucha komorę chłodzącą i załączamy prąd w kierunku powodującym jej chłodzenie, a jednocześnie przy pomocy zeszytu zastosowanego jako wachlarz powodujemy szybką wymianę powietrza w komorze chłodzącej. W pewnym momencie zaobserwujemy zamglenie błyszczącej powierzchni dna komory wywołane skropleniem pary wodnej na chłodnej powierzchni metalu. W tym momencie rejestrujemy temperaturę i odwracamy kierunek przepływu prądu, obserwując tym razem, kiedy zamglenie zniknie, wskutek wyparowania wody. Ponownie rejestrujemy temperaturę i ewentualnie powtarzamy procedurę kilkakrotnie. Średnia wartość temperatury jest poszukiwanym punktem rosy. Przy pomocy tablic psychometrycznych określamy stąd wilgotność absolutną i względną przy zmierzonej temperaturze powietrza.
- Prostym, a jednocześnie pouczającym jakościowym doświadczeniem może być zwykła obserwacja procesu zamarzania wody. Przy początkowej wysokiej temperaturze proces ochładzania jest spowolniony z powodu braku konwekcji. Jeżeli w wyniku mieszania ochłodzimy wodę do 4 stopni to pojawi się odwrotna konwekcja, wywołana anormalną gęstością wody o tej temperaturze. Od tego momentu, cała objętość wody będzie równomiernie ochładzana aż do stałego punktu krzepnięcia. Wówczas nagle, w całej objętości pojawiają się kryształy lodu, ponownie blokujące konwekcję. Od dna i ścianek komory zaczyna się tworzyć jednorodna warstwa lodu. Ponieważ objętość lodu jest większa od objętości wody z której powstał, poziom niezamarzniętej wody w środku komory systematycznie się podnosi, w konsekwencji zestalona w komorze woda przybiera kształt czterościennego ostrosłupa. Przeprowadzenie tego doświadczenia wymaga dłuższego czasu (ponad 30 minut) ze względu na słabe przewodnictwo cieplne wody i powstającego lodu.

4. Wykorzystaj poniższy schemat struktury pasmowej półprzewodników typu p i n tworzących złącze Peltiera do wyjaśnienia istoty działania efektu Peltiera.



#### **Dodatkowe informacje**

W roku 1834 francuski badacz Jean C.A. Peltier odkrył, że złącze dwóch różnych przewodników ogrzewa się lub ochładza, jeżeli przepływa przez nie w określonym kierunku prąd elektryczny. Przy zastosowaniu złącz z dostępnych w owym czasie materiałów, zmiana temperatury wykryta przez Peltiera była tak niewielka, iż rzeczywiście trzeba było wyjątkowej intuicji badacza aby wyróżnić i poprawnie zinterpretować efekt na tle innych zjawisk towarzyszących. Bardzo ciekawą, a przez długie lata zagadkową właściwością efektu odkrytego przez Peltiera było to iż stanowił on symetryczny i odwracalny odpowiednik zjawiska odkrytego w roku 1821 przez Seebecka pod nazwa efektu termoelektrycznego polegającego na przepływie prądu elektrycznego w obwodzie złożonym z różnych przewodników w wyniku różnicy temperatur ich złącz.

Zasadniczy przełom w rozumieniu kompleksu zjawisk termoelektrycznych i wynikających stąd zastosowań nastąpił w wyniku rozwoju fizyki ciała stałego oraz technologii wytwarzania

nowych materiałów o zadanych właściwościach. Jak wiemy obecnie, absorpcja i wydzielanie energii cieplnej na złączu Peltiera wynika z różnicy średniej energii nośników prądu elektrycznego w materiałach tworzących złącze. Przy przejściu przez obszar złącza nośniki prądu - dziury lub elektrony - oddają lub pobierają nadwyżkę energii w postaci energii drgań sieci krystalicznej. Jednocześnie w złączu, w wyniku zderzeń nośników prądu z atomami sieci zachodzi nieodwracalna zamiana energii kinetycznej nośników na tzw. ciepło Joule'a, które w zazwyczaj stosowanych metalicznych przewodnikach przewyższa strumień energii cieplnej, generowany w wyniku efektu Peltiera. Jeszcze innym procesem nieodwracalnym, maskującym działanie złącza Peltiera jest wymiana energii na sposób ciepła z otoczeniem, oraz przewodnictwo (transport) ciepła przez sam materiał złącza. Tak więc, do skonstruowania wydajnego ogniwa Peltiera wymagane są materiały o szczególnych właściwościach:

- a. posiadające możliwie dużą różnicę energii nośników prądu.
- b. posiadające możliwie małą oporność właściwą dla przepływu prądu.
- c. posiadające możliwie dużą oporność właściwą dla przepływu ciepła,
- d. trwale, stabilne chemicznie, nietoksyczne,
- e. o opanowanej i przyjaznej dla środowiska technologii.

Stosowane powszechnie przewodniki o metalicznym typie przewodnictwa, niestety nie są przydatne do wykonania wydajnych ogniw Peltiera głównie z powodu bardzo małej różnicy energii elektronów będących nośnikami prądu. Metale są oczywiście dobrymi przewodnikami prądu ale niestety ta korzystna właściwość jest w metalach związana z dobrym przewodnictwem ciepła, co powoduje iż strumień ciepła Peltiera jest prawie całkowicie kompensowany przez płynący akurat w odwrotnym kierunku strumień ciepła przewodzenia. Dodatkowo efekt Peltiera jest maskowany ciepło Joule'a generowane w całym obwodzie, powoduje wzrost temperatury obu złącz niezależnie od kierunku przepływu prądu.

Duży postęp w technologii ogniw Peltiera nastąpił dopiero w wyniku zastosowania do konstrukcji złącz materiałów półprzewodnikowych o dwóch odmiennych typach przewodnictwa, w których energie nośników prądu, odpowiednio elektronów i dziur, mogą się różnić w normalnych warunkach o kilka elektronowoltów. Dla zapewnienia dobrego przewodnictwa elektrycznego wymagana jest możliwie duża koncentracja i duża ruchliwość elektronów i dziur, co uzyskuje się przez zachowanie właściwej struktury krystalicznej i dokładnej kontroli zawartości domieszek. Nowe materiały przydatne do konstrukcji ogniw chłodzących Peltiera o zadawalających parametrach użytkowych zostały opracowane stosunkowo niedawno w wyniku postępu technologii nowych materiałów, o specyficznych niespotykanych w naturze właściwościach. Aktualnie, na złącza Peltiera wykorzystuje się tellurek bizmutu Bi2Te3 domieszkowany selenem i antymonem. Materiał ten jest obecnie stosowany zarówno do wytwarzania ogniw chłodzących jak i ogniw termoelektrycznych generujących prąd w wyniku odwrotnego efektu Peltiera. W obu tych wariantach złącza Peltiera są niezastąpionym elementem technologii wykorzystywanej w przestrzeni kosmicznej. Na przeszkodzie zastosowań ogniw Peltiera na szeroką skalę w życiu codziennym stoi w tej chwili wysoka cena surowców i nadal jeszcze ekologicznie uciążliwa technologia ich wytwarzania. Aktualnie trwają jednak intensywne poszukiwania nowych doskonalszych i tańszych materiałów do budowy ekologicznie przyjaznych baterii chłodzących.

5. Zaproponuj różne sposoby wykorzystania uniwersalnego bezkontaktowego miernika temperatury RAYTEK w nauczaniu o zjawiskach cieplnych. Możesz w tym celu posłużyć się opisem zamieszczonym poniżej.

#### BEZKONTAKTOWY MIERNIK TEMPERATURY RAYTEK ST

#### Zasada działania

- Termometr bezkontaktowy używany jest do pomiarów temperatury na odległość.
- Zasada jego działania polega na pomiarze promieniowania podczerwonego badanego ciała oraz porównaniu wyników z charakterystyką widmową wzorca.
- W zależności od badanych powierzchni oraz zakresu temperatury wybiera się inny wzorzec np: śnieg, azbest, szkło, żelazo dla określenia współczynnika emisji.

#### Zakres zastosowań

Zasada obsługi pirometru jest bardzo prosta, wystarczy wycelować na obiekt i nacisnąć spust, wynik zostanie pokazany automatycznie na wyświetlaczu ciekłokrystalicznym.

W zależności od ustawień dostępny jest zakres pomiarowy od -30 <sup>0</sup>C do  $400^{\circ}$ C. Wykorzystanie instrumentu jest wielorakie np:

- diagnostyka układów wydechowych w konwertorach katalitycznych w samochodach
- diagnostyka na odległość instalacji elektrycznych, linii przesyłowych, stacji transformatorowych
- monitorowanie wysypisk śmieci, hałd górniczych w poszukiwaniu ognisk pożarów
- badanie stanów izolacji termicznej w budynkach, szczelności okien, pokryć dachów.



badanie temperatury przechowywanej żywności itp.

1111

Na rysunku powyżej można obejrzeć przykłady zastosowania urządzenia RAYTEK w pomiarach temperatury na odległość różnych miejsc.

#### Dane techniczne urządzenia

**Zakres mierzalnych temperatur:** od -32 °C do 400° C **Dokładnoś**ć +/- 1% wartości odczytu

#### Czas reakcji 500 ms

Zakres spektralny 7-18 µm dla detektora termoparowego

Zakres temperatury otoczenia 0 -50° C

wilgotność względna 10 ... 95 %

Zasilanie bateria alkaliczna NiCd 9V

Urządzenie posiada możliwość wykonywania wielu pomiarów przechowywanych w rejestrach dla późniejszej analizy. Istnieje ponadto możliwość skomputeryzowania procesu pomiarowego za pomocą łącza szeregowego RS połączonego z komputerem PC.

Program obsługi **DTMX.EXE** pozwala monitorować temperaturę w sposób ciągły oraz dodatkowo odczytywać dane z poszczególnych rejestrów, umieszczając je w tabeli lub na wykresie.

Propozycje wykorzystania miernika RAYTEK

- 1. Zmierz temperatury przedmiotów ze swego otoczenia. Co w Twoim otoczeniu posiada najwyższą temperaturę, a co najniższą?
- 2. Podłącz miernik do komputera, a następnie powtórz pomiary z poprzedniego punktu, obserwując wyniki na wykresie powstającym w czasie rzeczywistym na monitorze.

Inne propozycje wykorzystania miernika.

- 3. Oceń straty energii cieplnej zimą w budynku w którym mieszkasz.
- 4. Czy rury doprowadzające ciepłą wodę do Twojego domu są właściwie zaizolowane?
- 5. Czy zewnętrzne stacje transformatorowe, znajdujące się na słupach doprowadzających wysokie napięcie, pracują prawidłowo? (Temperatura na zewnątrz transformatora w warunkach normalnej pracy nie powinna przekroczyć 50°).

#### Literatura

- [1] B. Jaworski, A. Dietłaf, Kurs fizyki, t. I i II, PWN, W-wa 1984.
- [2] J. Orear, Fizyka, WNT, W-wa 1993.
- [3] Sergiy Filin, I.P.P.U. MASTA, Termoelektryczne urządzenia chłodnicze, 2002.
- [4] P. Górecki, Elektronika Praktyczna, 1/96, 64, 2/96, 77, 3/96, 65.
- [5] S. Kania, red., Skrypt Politechniki Łódzkiej, Centrum Naucz. Matem. i Fizyki, 2006.

#### BADANIE SKUTECZNOŚCI CHŁODZENIA ZA POMOCA OGNIWA PELTIERA (LODÓWKA ELEKTRONICZNA)

Tadeusz Kubiak, Krzysztof Służewski, Józefina Turło

Cele doświadczenia:

- Poznanie zjawiska Peltiera odkrytego w roku 1834r.
- Poznanie zasady działania ogniwa Peltiera (modułu Peltiera).
- Wykorzystanie ogniwa Peltiera do celów chłodzenia.
- Poznanie innych możliwości wykorzystania efektu Peltiera w technice i ochronie środowiska.

Informacje o zjawisku Peltiera

Jean Charles Peltier-(1785-1894)-fizyk francuski, badacz zjawisk termoelektrycznych i elektromagnetycznych oraz elektryczności atmosferycznej i jej związku z powstawaniem opadów. Był konstruktorem elektrycznych przyrządów pomiarowych. Odkrył zjawisko wydzielania lub pochłaniania ciepła podczas przepływu prądu przez styk dwóch różnych półprzewodników (tzw. Zjawisko Peltiera).

Zjawisko to przejawia się wydzielaniem lub pochłanianiem ciepła na granicy dwóch różnych metali lub półprzewodników w trakcie przepływu prądu elektrycznego.

Współczesne ogniwo Peltiera, jak oficjalnie nazywa się płytkę Peltiera, to dwie płytki z termoprzewodzącego materiału izolacyjnego (ceramika tlenków glinu), pomiędzy którymi zrealizowano szeregowy stos elementarnych półprzewodników, naprzemiennie typu "p" i "n". Rysunek 1



Elementy wykonane z tellurku bizmutu są połączone dzięki miedzianym ścieżkom na wewnętrznych powierzchniach płytek ceramicznej obudowy, w układ szeregowy. Rysunek 2.Całość ma imponujące możliwości-potrafi wytworzyć różnice temperatur rzędu –70 stopni Kelwina, a przede wszystkim przepompować ciepło od powierzchni chłodzonej do powierzchni podgrzanej, ze sprawnością przekraczającą 50%.

Informacje ze strony http:// slownik.kargul.net



#### Rysunek 2

Typowe ogniwo Peltiera (moduł Peltiera lub termomoduł chłodzący) wygląda tak, jak na fotografii 1.

Jest to płytka -w naszym przypadku o wymiarach 40x40x3,9 mm.

Zastosowaliśmy moduły Peltira typu: TM – 127-1.4 - 6.0 MS, o następujących parametrach:

I max = 6.0 AU max = 15.5 VP max = 53 W $\Delta T$  max = 71 K



Fotografia 1

Materiały i przygotowanie doświadczenia:

• Ogniwa Peltiera, zasilacz prądu stałego12V/3A o możliwościach regulacji napięcia do 12V i wydajności prądu do 3 amperów, materiały do wykonania komory chłodniczej: karton, styropian różnych grubości, płyta pleksi, styropian oklejany folią aluminiową, drewno, radiatory aluminiowe lub miedziane.

• Układ pomiarowy CoachlabII lub inny interfejs do pomiaru temperatury z komputerem.

• Przygotowujemy odpowiednią komorę lodówki zbudowaną z różnych materiałów izolacyjnych o odpowiedniej grubości. Ogniwo Peltiera montujemy pomiędzy dwoma radiatorami aluminiowymi w taki sposób, aby jeden z radiatorów był szczelnie zamknięty we wnętrzu komory lodówki, a drugi musi się znajdować na zewnątrz. Skuteczne chłodzenie gorącej strony ogniwa połączonego z zewnętrznym radiatorem uzyskamy montując na nim odpowiedni wentylator, dostosowany do rozmiarów radiatora. W obudowie musimy przygotować otwór dla sondy temperatury połączonej z interfejsem CoachlabII lub innym mogącym służyć do pomiaru temperatury. Rysunek 3.



Fotografia 2. Układ pomiarowy.



#### Przewidywania:

Spodziewamy się, ze uzyskamy tym niższą temperaturę we wnętrzu lodówki im lepszą izolację wykorzystamy w naszym doświadczeniu, stosując:

- a. karton
- b. styropian o grubości 1cm
- c. styropian o grubości 2 cm
- d. termos obiadowy z szerokim wylotem (średnica 10cm)

Przewidujemy również, że większy prąd przepływający przez ogniwo Peltiera spowoduje skuteczniejsze chłodzenie wnętrza komory nawet przy gorszym jej izolowaniu. W ogniwie Peltiera wydajność chłodzenia jest proporcjonalna do natężenia prądu w pierwszej potędze, natomiast występuje również ogrzewanie w wyniku wydzielania ciepła Joulea proporcjonalne do prądu w kwadracie , a zatem jest optymalny prąd, przy którym efektywność ogniwa jest największa. Dalsze zwiększanie prądu zasilania powoduje spadek wydajności chłodzenia. Ważne jest aby prąd zasilania był dobrze odfiltrowany, co jest trudne do zrealizowania ze względu na dużą wartość prądu. Wymagane są duże pojemności filtra bądź nawet akumulator filtrujący.

Możemy też połączyć dwa ogniwa Peltiera równolegle lub szeregowo tworząc z nich większą powierzchnię chłodzenia lub tworząc ogniwo dwustopniowe- składając dwa ogniwa warstwowo jedno na drugim (są już takie ogniwa, ale są bardzo drogie i mają mniejszą moc pracy).

Badamy skuteczność chłodzenia lodówki w zależności od pojemności komory lodówki oraz temperatury otoczenia.

#### Proponowany przebieg doświadczenia:

- 1. Zestawiamy układ pomiarowy CoachalabII z oprogramowaniem i komorą lodówki z zamontowanym odpowiednio ogniwem Peltiera.
- 2. Dla modułu Peltiera dobieramy tak natężenie prądu, aby uzyskać najbardziej skuteczne chłodzenie. W naszym przypadku było to natężenie pradu wynoszące 3A.
- 3. Rejestrujemy zmiany natężenia prądu za pomocą amperomierza włączonego w obwód pomiarowy oraz rejestrujemy zmiany temperatury za pomocą sondy umieszczonej we wnętrzu lodówki. Dobrze jest drugą sondą rejestrować temperaturę otoczenia w której pracuje lodówka. Wyniki pomiarów zapisujemy na dysku komputera dla celów analizy naszych pomiarów.

Przykładowa analiza uzyskanych pomiarów:

Przykładowe wyniki pomiarów dla lodówki o dużej pojemności (14 litrów). Ten model lodówki został nazwany "Lodzia 1". Wykres1



Wykres przedstawia zmiany temperatury w lodówce wykonanej z płyt drewnianych, izolowanych dodatkowo styropianem. W tym przypadku pojemność komory była duża, wynosiła 14 litrów .Tu również używamy zestawu dwóch ogniw Peltiera zasilanych prądem o natężeniu 2A. Po godzinie od włączenia układu chłodzącego uzyskaliśmy temperaturę 10 stopni Celsjusza. Dalsze chłodzenie nie powoduje już dużego spadku temperatury przy zadanych parametrach zasilania i izolowania układu naszej lodówki. Wydajność ogniw Peltiera wymaga ograniczenia wielkości komory lodówki i dobrego izolowania układu, w celu uzyskania niższych temperatur oraz dobrej filtracji napięcia zasilania.



Wykorzystanie ogniwa Peltiera do chłodzenia wnętrza termosu. Wykres 2

Wykres 2. Wykorzystanie ogniwa Peltiera do chłodzenia wnętrza termosu.

W tym przypadku użyliśmy duży obiadowy termos o pojemności 1,5 litra, a natężenie pradu płynącego przez dwa połączone szeregowo ogniwa Peltiera wynosiło około 2A. Ogniwa były złożone warstwowo-jedno na drugim tworząc układ ogniwa dwustopniowego. Po około 1 godzinie uzyskaliśmy temperaturę

(-8 stopni Celsjusza). Dobre izolowanie układu jest bardzo ważne. Temperatura na zewnętrz wynosiła 21,5 stopnia. W chwili początkowej komora termosu została odkryta i jej temperatura wzrosła chwilowo do 22 stopni Celsjusza, a następnie w trakcie chłodzenia wnętrza zmniejszała się. W 34 minucie naszego doświadczenia-wnętrze termosu ogrzało się do temperatury zero stopni Celsjusza, a następnie ochłodziło się do temperatury minus 10 stopni po około 90 minutach.

Wynik pomiaru temperatury z termosem o pojemności1,5litra chłodzonym jednym ogniwem Peltiera. Natężenie prądu płynącego przez ogniwo wynosiło 2,3A.Wykres 2a.



Wykres 2a.

Przykładowy wynik pomiaru temperatury w małej komorze lodówki typu "Radcio2".Pojemność komory 0,51.Wykres 3.



Wykres 3.

W tym przypadku komora lodówki była chłodzona ogniwem Peltiera zasilanym prądem o małym natężeniu 1,5A.Temperatura już wcześniej wychłodzonego wnętrza lodówki do temperatury 13 stopni Celsjusza zmniejszała się powoli do temperatury 7 stopni. Charakterystyka zmian temperatury wypłaszczyła się, nie dając dalszego efektu spadku temperatury w tych warunkach zasilania ogniwa i izolowania układu lodówki.

Wynik pomiaru temperatury w komorze lodówki "Radcio 2" przy prądzie zasilania 1,7A.Wykres 3a.





Wynik pomiaru temperatury w komorze "Radcio 2" przy prądzie zasilania 2,6A. Jednak temperatura otoczenia wynosiła tylko 13 stopni Celsjusza. Wykres 3b.





A oto wyniki pomiarów dla komory lodówki o pojemności 1 litra, wykonanej : z kartonu, styropianu o grubości 1cm, styropianu o grubości 2cm.

Wykres 4 przedstawia wynik pomiaru temperatury dla komory wykonanej z kartonu o grubości 0,5 mm.





Wynik pomiaru temperatury dla komory o pojemności 1litra wykonanej ze styropianu. Grubość ścianki wynosi 1cm. Wykres 4a.



Wykres 4a.

Wynik pomiaru temperatury dla komory styropianowej o pojemności 1 litra. Do budowy tej komory użyliśmy styropianu o grubości 2cm. Wykres 4b.





#### Zadania do wykonania:

- 1. Dokonaj pomiaru temperatury we wnętrzu komory lodówki wykonanej z różnych materiałów izolacyjnych.
- 2. Dokonaj pomiaru temperatury dla komór lodówki o różnych pojemnościach 1litr, 15litrów tym samym modułem Peltiera.
- 3. Zastosuj układ CoachalabII z czujnikiem temperatury i wykorzystaj go do regulacji temperatury wnętrza lodówki.(wykorzystaj opcję programowania zawartą w oprogramowaniu interfejsu).
- 4. Zmień biegunowość zasilania ogniwa Peltiera i dokonaj pomiaru temperatury wnętrza lodówki. Dlaczego temperatura wnętrza rośnie? Ogranicz czas pomiaru do 5 minut oraz wartość natężenia prądu do 1,5A.

#### Pytania rozszerzające:

- 1. Co wiesz o zjawisku Peltiera i zjawisku do niego odwrotnym?
- 2. Wyłącz układ zasilający ogniwo Peltiera w trakcie doświadczenia z chłodzeniem komory lodówki i podłącz do końcówek modułu Peltiera woltomierz. Dlaczego woltomierz wskazuje pewną różnice potencjałów mimo braku źródła napięcia ?( zjawisko odkryte przez Seebecka w roku 1821-efekt termoelektryczny).
- 3. Kiedy wskazania woltomierza będą większe?
- 4. Dlaczego temperatura wnętrza termosu użytego jako komory lodówki są najniższe z tym samym ogniwem Peltiera używanym do chłodzenia?
- 5. Dlaczego użycie dwóch ogniw Peltiera złożonych warstwowo daje lepsze rezultaty chłodzenia przy mniejszym natężeniu prądu zasilającym ogniwa niż w przypadku jednego ogniwa ? (są już orginalne ogniwa 2-stopniowe).

6. Czy znasz przykłady wykorzystania ogniwa Peltiera w technice komputerowej i ochronie środowiska?

#### Literatura:

- [1] Opis działania interfejsu CoachlabII.
- [2] Strona WWW dla CoachlabII
- [3] Strony internetowe dotyczące ogniw Peltiera lub modułów chłodzących np.: http://slownik.kargul.net
- [4] <u>www.sctbnord.com</u>
- [5] www.semicon.com.pl
- [6] Elektronika dla wszystkich nr 6/97. Artykuł " Chłodziarka do piwa"
- [7] Elektronika dla wszystkich nr 2/2003. Artykuł "Komora termiczna"
- [8] Materiały wydane przez Zespół pod redakcją dr Józefiny Turło Komputerowe badanie zjawisk odwracalnych na przykładzie efektu Peltiera.
- [9] TI w laboratorium przyrodniczym, PDF, UMK, Toruń, 2001

#### SPRAWDZANIE ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY NATĘŻENIEM PRĄDU PŁYNĄCYM W ZWOJNICY A WYTWORZONĄ INDUKCJĄ POLA MAGNETYCZNEGO

#### Michał Kamiński

#### Cele ogólne

- 1. Utrwalenie podstawowych pojęć fizycznych związanych z polem magnetycznym.
- 2. Poznanie podstawowych zasad rejestracji i analizy parametrów pola magnetycznego za pomocą komputera i zestawu pomiarowego Coach.

#### Cele operacyjne

- 1. Przypomnienie wielkości opisujących pole magnetyczne, w szczególności dotyczących wpływu prądu elektrycznego na indukcję pola magnetycznego wytworzonego przez zwojnicę.
- 2. Poznanie klasyfikacji materiałów ze względu na ich względną przenikalność magnetyczną.
- 3. Nabycie umiejętności:
  - ✓ wykorzystania możliwości pomiarowych zestawu Coach i czujnika pola magnetycznego.
  - ✓ wyznaczania wartości indukcji magnetycznej w solenoidzie (zwojnicy).
  - ✓ zastosowania komputera do tworzenia wykresów i analizy danych.

#### Stosowane przyrządy i materiały

Zestaw komputerowy Interfejs pomiarowy Coachlab II Program Coach 5 Czujnik pola magnetycznego Zasilacz prądu stałego Zwojnica bez rdzenia Oporniki Statywy

#### Badane zjawisko

**Pole magnetyczne** definiujemy jako obszar przestrzeni, w którym na dipole magnetyczne działają siły. Zgodnie z umową, zwrot linii pola magnetycznego jest skierowany od bieguna północnego do południowego. Wytwarzane jest ono przez magnesy trwałe i przewodniki, przez który płynie prąd elektryczny, czym ogólnie rzecz ujmując wytwarzane jest przez prądy (poruszające się cząstki obdarzone ładunkiem elektrycznym).

**Solenoid** (zwojnica) składa się z przewodników kołowych połączonych szeregowo. Jednym z najprostszych do opisu przykładów jest długi solenoid i składający się ze zwojów nawiniętych jednowarstwowo i gęsto.

Kształt linii pola magnetycznego wokół zwojnicy jest podobny do kształtu linii wytworzonych przez magnes sztabkowy – dlatego też polu solenoidu przypisujemy dwa bieguny, północny i południowy. Z kolei regułą zwiniętej prawej dłoni można wyznaczyć zwrot linii pola: *jeżeli cztery palce prawej dłoni wskazują zwrot prądu płynącego przez zwoje solenoidu, to odchylony kciuk wskazuje wtedy zwrot linii pola wewnątrz zwojnicy* (inaczej mówiąc wskazuje biegun północny wytworzony przez prąd płynący w zwojnicy).

Pole magnetyczne wewnątrz zwojnicy uznajemy za jednorodne. Indukcja magnetyczna wewnątrz solenoidu jest wprost proporcjonalna do natężenia prądu i liczby zwojów, a odwrotnie proporcjonalna do długości solenoidu.

$$B \sim I$$
$$B \sim n$$
$$B \sim 1/l$$

Łącznie:

 $B \sim nI/l$ 

Współczynnikiem proporcjonalności jest tutaj przenikalność magnetyczna rdzenia, na którym nawinięte są zwoje solenoidu, więc końcowy wzór na indukcję magnetyczną wewnątrz zwojnicy wynosi:

$$B = \frac{\mu_o \mu_r nI}{l}$$

#### Wykonanie doświadczenia

- Do konsoli pomiarowej Coachlab II podłącz czujnik pola magnetycznego. W programie Coach 5 wybierz projekt *Pomiary w fizyce* a następnie *Pracownia fizyczna*. W programie Coach 5 do wejścia pomiarowego nr 1 konsoli pomiarowej przesuń i upuść ikonę czujnika pomiarowego.
- 2. Do zasilacza prądu stałego podłącz zwojnicę oraz szeregowo z nią opornik.
- 3. Czujnik pola zainstaluj na statywie tak, by był nieruchomy, a jego koniec znajdował się w samym środku zwojnicy. Zwojnica również powinna być nieruchoma.
- 4. W jednym z okien programu Coach 5 umieść wykres zależności indukcji magnetycznej od natężenia prądu elektrycznego (konsola pomiarowa może też służyć jako amperomierz patrz materiały z konferencji *Szkolne mini-laboratoria komputerowe do nauczania przedmiotów przyrodniczych*).
- 5. Wyznacz wartość indukcji magnetycznej wewnątrz solenoidu w zależności od natężenia płynącego prądu przez solenoid.



**Rys. 1.** Zdjęcie zwojnicy z czujnikiem pomiarowym.



Rys. 2. Układ pomiarowy z interfejsem CoachlabII.

#### Dyskusja wyników i wnioski

- 1. Należy pamiętać o tym, by czujnik pomiarowy i solenoid były nieruchome. Teoretycznie pole magnetyczne wewnątrz zwojnicy jest jednorodne, lecz pod warunkiem, że jest ona długa, czyli jej długość jest znacznie większa od średnicy zwojów.
- 2. Zamieszczony poniżej wykres ilustruje przykładowe wyniki pomiarów. Na osi odciętych mamy natężenie prądu w zwojnicy, na osi rzędnych indukcję magnetyczną.



- 3. Skok indukcji na wykresie (dla prądu 10 mA) spowodowany jest zakresem pomiarowym.
- 4. Wyraźnie widać zależność liniową pomiędzy indukcją magnetyczną a natężeniem prądu elektrycznego, co potwierdza nasze przewidywania.

#### Literatura

- [1] M. Kozielski, Fizyka dla szkół średnich tom 2, Wyd. B. Z. Kozielski, Warszawa 1999.
- [2] J. Kopecki, Fizyka część II, Wydawnictwo Szkolne Omega, Kraków 1999.
- [3] Materiały z konferencji *Szkolne mini-laboratoria komputerowe do nauczania przedmiotów przyrodniczych*, Poznań 2003.

#### WYKORZYSTANIE KOMPUTEROWYCH AUTONOMICZNYCH REJESTRATORÓW DANYCH DO BADANIA PROMIENIOWANIA ULTRAFIOLETOWEGO I PODCZERWONEGO

Grzegorz Osiński, Krzysztof Służewski

#### Cele ogólne

- 1. Poznanie serii doświadczeń dotyczących pomiarów natężenia promieniowania elektromagnetycznego w zakresie ultrafioletu oraz podczerwieni i nabycie umiejętności ich demonstrowania.
- 2. Poznanie komputerowych autonomicznych rejestratorów danych (dataloggers), wykorzystywanych w pomiarach laboratoryjnych i środowiskowych.

#### Cele operacyjne

- 1. Uzyskanie podstawowej wiedzy na temat:
  - a) własności promieniowania ultrafioletowego i podczerwonego,
  - b) źródeł promieniowania ultrafioletowego, podczerwonego i zasad bezpieczeństwa pracy z tymi źródłami,
  - c) roli wyposażenia ochronnego przed promieniowaniem ultrafioletowym, w szczególności okularów i filtrów ochronnych.
- 2. Nabycie umiejętności:
  - a) wykrywania i badania promieniowania tła i promieniowania właściwego różnych ciał oraz absorpcji promieniowania ultrafioletowego i podczerwonego,
  - b) wyciągania właściwych wniosków z badań promieniowania ultrafioletowego i podczerwonego pod kątem ich bezpiecznego używania,
  - c) obsługi i wykorzystania czujników promieniowania ultrafioletowego i podczerwonego,
  - d) przesyłania danych pomiędzy autonomicznym rejestratorem danych a komputerem.

#### Wstęp

Promieniowanie ultrafioletowe, podobnie jak podczerwone jako niewidzialne dla człowieka, stanowi trudny element wiedzy o naturze promieniowania. W warunkach laboratorium szkolnego możemy te promieniowania obserwować pośrednio, poprzez ich wpływ na oświetlane materiały lub bezpośrednio, używając specjalnych czujników. W naszych doświadczeniach będziemy zajmowali się pomiarami bezpośrednimi przy użyciu komputerowych autonomicznych rejestratorów danych (Dataloggers firmy Leybold).

Ogólnie, promieniowanie ultrafioletowe (UV) nazywamy falę elektromagnetyczną o długości od 100 nm do 380 nm. Jednak tak szeroki zakres widmowy został podzielony na podzakresy. Jest to spowodowane różnymi własnościami promieniowania. Fale krótsze, a więc te o największej energii są lepiej absorbowane w warstwie ozonowej ziemskiej atmosfery. Ma to zasadnicze znaczenie dla zdrowia ludzi, gdyż właśnie to krótkofalowe promieniowanie jest najbardziej groźne. Promieniowanie krótkofalowe powoduje poparzenia, a w konsekwencji długotrwałego stosowania - raka skóry. Jednak małe dawki promieniowania UV są korzystne dla człowieka, ponieważ dzięki niemu w skórze nasz organizm produkuje bardzo ważną witaminę D3. W doświadczeniach użyjemy dwóch detektorów promieniowania UV, pracujących w zakresie C (220-320 nm) oraz w zakresie A (320 -400 nm).

Promieniowanie podczerwone (IR) również zostało podzielone na podzakresy jednak najbardziej interesujące i mające największe znaczenie jest promieniowanie z przedziału od 800 do 1700 nm. Taki właśnie rodzaj promieniowania jest emitowany przez ciała znajdujące się w temperaturze możliwej do osiągnięcia w klasie (od 20°C do 300°C). Wszystkie doświadczenia należy przeprowadzić używając czujników obu rodzajów promieniowania, tak aby jak najlepiej zapoznać się z różnicami i podobieństwami pomiędzy nimi.

#### Zadania do wykonania

#### 1. Pomiar promieniowanie tła

Pomiar promieniowania tła w zakresie UV i IR panującego w klasie, jest niezbędny dla prawidłowego przeprowadzenia eksperymentu. W tym celu należy skierować detektor promieniowania zarówno w stronę okna jak i drzwi, zmierzyć wartości w różnych miejscach w klasie. Wyniki należy zapisać, aby później porównać z wartościami otrzymanymi w poszczególnych doświadczeniach. Po wykonaniu pomiarów tła otwórz okno w klasie i skieruj detektor w stronę nieba. W zależności od pory roku i pogody uzyskasz różne wartości, jednak zawsze wielkość promieniowanie UV na zewnątrz będzie większa niż w klasie. Czy wartości natężenia promieniowania UV rosną niezależnie od zastosowanych zakresów? Natężenie promieniowania IR zimą na zewnątrz będzie mniejsze a latem większe. Czy potraficie to wyjaśnić?

#### 2. Absorpcja

Załóż okulary ochronne i zapal lampę kwarcową. Skieruj detektor UVC w stronę lampy i zapisz wartość natężenia. Następnie pomiędzy lampę a detektor wstaw szklaną szybkę o grubości ok. 5 mm, powtórz pomiar. Zmień czujnik na zakres UVA i powtórz doświadczenie. Następnie zamiast szybki wstaw pomiędzy lampę a detektor dużą zlewkę z wodę. Porównaj wyniki. Co bardziej pochłania promieniowanie UV szkło czy woda? Doświadczenie powtórz z zastosowaniem detektora IR. Zauważ, że lampa kwarcowa emituje oprócz promieniowania UV również promieniowanie IR.

#### 3. Piecyk mikrofalowy

Wstaw do piecyka szklankę z wodę i nastaw program szybkiego gotowania. Sprawdź czy kuchenka jest szczelnie zamknięta. W czasie pracy kuchenki sprawdź natężenie promieniowania zarówno IR jak i UV. Kiedy kuchenka zakończy pracę, otwórz drzwiczki i sprawdź natężenie poszczególnych rodzajów promieniowania wewnątrz. Dlaczego często słyszymy o szkodliwości kuchenek mikrofalowych? Jaki rodzaj promieniowania może nam z jej strony grozić?

#### 4. Optyka UV

Aby wykazać, że promieniowanie UV jest takim samym rodzajem promieniowania jak światło widzialne przeprowadzimy doświadczenia z soczewką. Weź dwie różne soczewki wykonane ze szkła oraz z kwarcu. Zapal lampę kwarcową i spróbuj zogniskować promienie soczewką na kartce papieru lub na ścianie. Wstaw w miejsce ogniska detektor i odczytaj wartość natężenia promieniowania. Porównaj wielkości dla poszczególnych zakresów. Czy w podobny sposób można zogniskować promieniowanie IR? Sprawdź to wykorzystując spirale piecyka elektrycznego i soczewki wykorzystane wcześniej.

#### 5. Widmo IR

Używając pirometru RAYTEK, sprawdź temperaturę kilku urządzeń: spirali piecyka elektrycznego, silnej żarówki oraz światła z lampy kwarcowej. Zanotuj temperaturę tych urządzeń. Następnie detektorem IR sprawdź natężenie promieniowania, zmierz wartość promieniowania IR emitowanego przez kilka kawałków lodu umieszczonych w szklance. Czy wartość promieniowania IR zależy od temperatury obiektu?

#### 6. Bezpieczeństwo

Włącz monitor komputera. Sprawdź czujnikami UVA i UVC promieniowanie emitowane przez ekran. Jeśli nie zauważyłeś zmiany natężenia w porównaniu z tłem możesz powiedzieć, że masz bezpieczny monitor.

Weź płytkę szklaną i wstaw pomiędzy lampę kwarcową a detektor, zanotuj natężenie. Następnie użyj okularów z filtrem UV wstawiając je pomiędzy lampę a detektor. Czy zaobserwowałeś zmniejszenie natężenia UV? Powtórz to doświadczenie używając płytki szklanej i kremu z filtrem UV. Pamiętaj, aby rozsmarować krem bardzo cienką warstwą na płytce.

#### 7. Wyładowania w gazach

Skorzystaj z zestawu rur próżniowych wypełnionych oparami rtęci pod różnym ciśnieniem. Włącz induktor Ruhmkorffa i wywołując wyładowanie w poszczególnych rurach dokonaj odczytu wartości natężenia promieniowania UV. Zanotuj wartości dla wszystkich rur. Czy pomiar wartość natężenia zależy od ciśnienia par w poszczególnych rurach?

#### 8. Efekt cieplarniany

Efekt cieplarniany spowodowany jest gromadzeniem się w atmosferze tzw. gazów szklarniowych, np. dwutlenku węgla. Cząsteczki dwutlenku węgla mają zdolności absorbowania promieniowania IR natomiast nie stanowią istotnej przeszkody dla promieniowania UV.

Weź dwa identyczne naczynia szklane, jedno pozostaw puste a w drugim wytwórz dwutlenek węgla, mieszają sodę oczyszczoną z octem. Z jednej strony oświetl naczynia silną żarówką zmierz natężenie promieniowania IR po drugiej stronie zlewek, czy zauważyłeś różnicę? Pomiar powtórz dla obu zakresów promieniowania UV.

Uwaga: aby pomiar był dokładniejszy ustaw detektory w małym statywie, aby sonda pomiarowa była zawsze na tej samej wysokości oraz aby wyeliminować niedokładności związane z ruchami ręki.

#### Literatura

[1] Energia i materia. Encyklopedia szkolna Larousse. Delta, Warszawa 1998

- [2] S. Szczeniowski, Fizyka Doświadczalna, cz. I, PWN, Warszawa 1972
- [3] Fizyka. Ilustrowany słownik. Arkady, Warszawa 1996
- [4] F. Kaczmarek Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki PWN 1982
- [5] R.Resnick D.Haliday Fizyka II, PWN 1999
- [6] E.N. Ramsden. Detection and Analysis. Stanley Thornes, 1996
#### Załącznik



# BADANIE ZJAWISKA ELEKTROSEDYMENTACJI MIEDZI - FRAKTALE

Krzysztof Służewski, Jacek Rybicki

# 1. Cele ogólne

- 1. Poznanie pojęć : *fraktal, wymiar fraktalny.*
- 2. Wprowadzenie do obserwacji cech fraktalnych pewnych obiektów fizycznych.
- 3. Poznanie metody badawczej, łączącej eksperyment, teorię i symulację komputerową.
- 4. Poznanie technologii wykorzystania zapisu multimedialnego do badania zjawisk przyrody.

# 2. Cele operacyjne

- 1. Poznanie eksperymentalnego zestawu do doświadczeń z fraktalami.
- 2. Opanowanie umiejętności demonstrowania i badania elektrosedymentacji miedzi.
- 3. Zdobycie umiejętności rejestracji procesu elektrosedymentacji miedzi z użyciem aparatu cyfrowego.
- 4. Poznanie metod numerycznych umożliwiających oszacowanie wymiaru fraktalnego.

# 3. Zadania do wykonania

- 1. Przeprowadzić komputerową symulację elektrosedymentacji.
- 2. Zbadać zjawisko elektrosedymentacji miedzi w komórkach elektrochemicznych: kołowej i prostokątnej.
- 3. Zarejestrować powstałe struktury przy pomocy aparatu cyfrowego.
- 4. Oszacować wymiar fraktalny powstałej struktury.
- 5. Korzystając z programu Fractint zapoznać się z budową fraktali różnego typu *(Fractals/Fractal formula/...)*

# 4. Czynności przygotowawcze

- 1. Korzystając z programu *FRACTINT* przeprowadzić symulację komputerową badań zjawiska elektrosedymentacji uaktywniając plik *diffusion (Fractals/Fractal formula/diffusion)*.
- 2. Stolik demonstracyjny (opcjonalnie) ustawić na rzutniku pisma, wypoziomować z użyciem poziomicy i pokręteł regulacyjnych stolika.
- 3. Komórkę elektrochemiczną kołową napełnić siarczanem miedzi o oznaczonej molowości (najlepiej 1-2 mole) pobierając przygotowaną w tym celu strzykawką, jednorazowo ok. 8 ml roztworu.

Uwaga: Komórkę napełniać wstrzykując roztwór powoli przez środkowy otwór na górnej powierzchni komórki, zwracając jednocześnie baczną uwagę, aby roztwór równomiernie wypełniał jej wnętrze. Napełnianie przerwać w chwili, gdy roztwór dotrze do otworów odpowietrzających usytuowanych na obrzeżu komórki. Nadmiar roztworu przelać z powrotem do kolby miarowej.

- 4. Komórkę umieścić centralnie na stoliku demonstracyjnym.
- 5. Włożyć katodę w środkowy górny otwór komórki (służący poprzednio do jej napełnienia).
- Połączyć elektrody komórki z wyjściem zasilacza prądu stałego przewodami zasilającymi i wybrać zakres napięcia pracy zasilacza (najlepiej 10 - 15 V). Podłączyć zasilacz i rzutnik pisma do sieci.
- 7. Podświetlić komórkę elektrochemiczną uruchamiając rzutnik i wyregulować ostrość obrazu komórki na ekranie.

## 5. Przebieg doświadczenia

- 1. Włączyć zasilacz, ustalić napięcie (nie większe niż 20V), obserwować przebieg osadzania się miedzi w komórce.
- 2. Wyłączyć zasilacz w chwili, gdy powstające struktury dotrą na odległość 2-3 cm od *katody* (po 10-20 minutach doświadczenia).
- 3. Wyjąć *katodę* z komórki.
- 4. Wykonać zdjęcie powstałej struktury aparatem cyfrowym (można je będzie potem obejrzeć na ekranie monitora komputerowego).
- 5. Jeżeli starczy czasu powtórzyć to samo **doświadczenie** z użyciem komórki elektrochemicznej prostokątnej.

## 6. Przesyłanie obrazów z aparatu cyfrowego do komputera

- 1. Ustawić pokrętło na aparacie cyfrowym w pozycji PC.
- 2. Podłączyć aparat z komputerem za pomocą kabla USB (w komputerze pojawi się dodatkowy napęd).
- 3. Skopiować pliki z dodatkowego napędu (aparatu cyfrowego) do komputera.
- 4. Odłączyć aparat od komputera, ustawić pokrętło w poprzedniej pozycji.

## Uwaga:

Przed wydrukowaniem należy wyciąć interesującą nas część obrazka, skontrastować i zmienić kolory na odcienie szarości.

## 7. Analiza wymiaru fraktalnego

Wykonaj 4 pomiary długości linii brzegowej powstałej struktury przy pomocy cyrkla lub innego przymiaru o 4 różnych długościach. Pomiar wykonaj tak, aby każdy krok pomiaru znajdował się na linii brzegowej (jak na rysunku w załączniku). Przyjmij długość tak uzyskanej łamanej za długość linii brzegowej. Wyniki wpisz w odpowiednie pola programu "Chaos" (Pomiar linii brzegowej). Po naciśnięciu przycisku START program wygeneruje wymiar fraktalny badanego obiektu i wyniki przedstawi w postaci graficznej (patrz rysunek poniżej). Porównaj go z wynikiem podanym w pracy "Teoria chaosu".



Rys 1. Wygląd ekranu programu "Chaos" po wygenerowaniu wymiaru fraktalnego linii brzegowej.

Program obliczając wymiar fraktalny korzysta ze wzoru:

$$L(e) \approx C\left(\frac{1}{e}\right)^{d}$$

gdzie

L(e) - długość linii brzegowej,

e - długość odcinka, którym mierzymy obwód powstałej struktury,

d - wymiar fraktalny linii brzegowej,

C - współczynnik proporcjonalności,

Po obustronnym zlogarytmowaniu otrzymujemy

$$\ln L(e) \approx (1-d) \ln e + \ln C$$

Dzięki podstawieniu  $y = \ln L(e)$ , a = (1-d),  $x = \ln e$  oraz  $b = \ln C$  otrzymujemy zależność liniową y=ax+b. Współczynniki a i b program wyznacza przy pomocy metody najmniejszych kwadratów. Jako, że d=1-a metodą najmniejszych kwadratów program wyznacza również niepewność pomiarową wyznaczenia wartości wymiaru fraktalnego jako średnie odchylenie standardowe.

#### 8. Podstawowe pojęcia

## A. Fraktal

Fraktale są obiektami geometrycznymi umożliwiającymi precyzyjny opis najbardziej nieregularnych kształtów i form. *Nazwę fraktal* (od łacińskiego słowa fractas - złamany, składający się z kawałków, połamany, nieregularny) zaproponował w roku 1975 twórca geometrii fraktalnej matematyk *Benoit Mandelbrot.* Formy te charakteryzują się nieskończonym rozdrobnieniem, nieskończoną długością, nie są ciągłe i różniczkowalne, są *samopodobne* i posiadają *ułamkowy wymiar.* 

Tę ostatnią cechę Maldenbrot zaliczył do podstawowych charakterystyk ilościowych fraktali, jako odzwierciedlającą stopień ich wewnętrznego skomplikowania. Zasługą Mandelbrota jest wprowadzenie tych nowych pojęć do badania geometrii natury, jako potencjalnie użytecznych narzędzi do analizy pewnych zjawisk przyrody. Fraktale w naturze nie są tak regularne jak opisujące je matematycznie symulowane modele. Wymiar fraktalny obiektów spotykanych w przyrodzie może być określony tylko przez uśrednienie wymiarów fraktalnych z wielu różnych skal odległości i od wielu elementów zbioru.

W naturalnych fraktalach własność niezmienniczości skalowania czy też symetrii rozszerzenia jest ograniczona przez *rozmiar obiektu (górna granica) i odległości międzyatomowe (dolna granica)*.

Przykładem naturalnych fraktali, które można odtworzyć doświadczalnie jest *elektrosedymentacja* jonów metali. W zjawisku tym *nieodwracalne* osadzanie się materiału podczas *dyfuzji* prowadzi do bogactwa różnych powierzchni mikroskopowych, których struktura zależy od warunków doświadczenia. Okazuje się, że *koncentracja jonów metali C* oraz *potencjał katodowy* AV są niezależnymi parametrami kontrolnymi i pozwalają na przeprowadzenie prostego technicznie eksperymentu w warunkach pełnej powtarzalności takich parametrów, jak *geometria komórki, temperatura* itp.

## **B.** Wymiar fraktalny

Wymiar fraktalny D może być różnie zdefiniowany, najczęściej na podstawie relacji między powierzchnią lub objętością fraktala A(r) a jego długością (promieniem) r: A(nr) = nDA(r), gdzie: A(nr) - powierzchnia lub objętość fraktala po przeskalowaniu jego długości przez czynnik n. Wymiar

ten przyjmuje dla fraktala wartości niewymierne, wskazując jednocześnie, w jaki sposób fraktal wypełnia przestrzeń, w której jest osadzony. Proste fraktale wykazują "samopodobieństwo" - obrazy ich struktury są takie same w każdej skali.



Matematycznymi przykładami fraktali są (w nawiasach wpisano wymiar fraktalny):

Symulacja fraktala powstałego w wyniku elektrosedymentacji miedzi



#### C. Przykłady innych zjawisk i struktur fraktalnych

- a) Dyfuzja w gazach i cieczach
- b) Turbulentny przepływ cieczy i gazów
- c) Kształtowanie się chmur w zjawiskach atmosferycznych
- d) Rozpraszanie się dymów i pyłów w atmosferze
- e) Wzrost drzew
- f) Rozwój kolonii bakterii
- g) Przełomy w ceramice i metalach
- h) Pęknięcia i uskoki tektoniczne
- i) Krajobrazy gór i wybrzeży morskich

#### 9. Literatura

- [1] J. Stewart, Czy Bóg gra w kości? Nowa matematyka chaosu, PWN Warszawa 1994.
- [2] J. Kudrewicz, Fraktale i chaos, WNT Warszawa 1993.
- [3] H. G. Schuster, Chaos deterministyczny. Wprowadzenie, PWN Warszawa 1993.
- [4] P. Pierański, Fraktale od geometrii do sztuki, OWN Poznań 1992.
- [5] J. Eluszkiewicz, M. Cieplak, Błądzenie przypadkowe na fraktalach, Postępy Fizyki 5, 409(1986).
- [6] I. Peterson, Mrówki w labiryntach oraz inne wycieczki fraktalne, Problemy 7,51(1985).
- [7] S. Weisburd, Fraktale, pęknięcia i uskoki, Problemy 4,50(1986).
- [8] K. Ciesielski, Z. Pogoda, Kłopoty z wymiarem, Problemy 3,30(1989).
- [9] K. Ciesielski, Z. Pogoda, Złamany wymiar, Wiedza i Życie 11-12,60(1989).
- [10] J. Turnau, Chaos, Wiedza i Życie 1,22(1992).
- [11] H. Muller-Krumbhaar, Morfologia wzrostu, Wiedza i Życie 2,28(1994).
- [12] F. Przytycki, Zoo na płaszczyźnie, Delta 2,1(1986).
- [13] G. Dudziak, Fraktal nowe pojęcie w naukach przyrodniczych, Fizyka w Szkole 4,198(1989).
- [14] L. Jabłoński, Jak powstają fraktale?, Fizyka w Szkole 4,200(1989).
- [15] A. Burewicz, N. Miranowicz, Fraktale w zjawiskach fizykochemicznych, Fizyka w Szkole 2,74(1992).
- [16] A. Łodyński, Geometria obłoków, artykuł w Magazynie Gazety Wyborczej 25,46(1993).
- [17] V. Talanquer, G. Irazoque, Fractals: To Know, To Do, To Simulate, The Physics Teacher 31,72(1993).
- [18] A. Kowalski, Teoria chaosu, Praca seminaryjna PDF IF UMK, 2002.

# BADANIE PROMIENIOWANIA JONIZUĄCEGO WSPOMAGANE KOMPUTEROWO

Józefina Turło, Zygmunt Turło

# 1. Cele zajęć

# Cele ogólne

- 1. Pogłębienie wiedzy na temat naturalnych i sztucznych źródeł promieniowania jonizującego, rodzajów i własności tego promieniowania oraz sposobów jego detekcji i pomiaru,
- 2. Ukształtowanie świadomości w zakresie pozytywnych i negatywnych skutków promieniowania jonizującego oraz dopuszczalnych, nieszkodliwych dla człowieka dawek tego promieniowania, a także zasad bezpiecznego posługiwania się preparatami promieniotwórczymi,
- 3. Poznanie metody komputerowego wspomagania eksperymentów z zakresu fizyki jądrowej.

# Cele operacyjne

# 1. Nabycie umiejętności:

- wykrywania i pomiaru intensywności promieniowania jonizującego  $\beta$  i  $\gamma$  pochodzącego z naturalnych i sztucznych źródeł promieniowania,
- określania liniowego współczynnika pochłaniania promieniowania jonizującego w różnych materiałach, zależności poziomu tego promieniowania od odległości oraz wyznaczania okresu półrozpadu,
- badania statystycznego charakteru praw rządzących rozpadem promieniotwórczym pierwiastków,
- demonstrowania zasady działania i parametrów technicznych licznika Geigera-Müllera.

# 2. Poznanie pojęć:

- Dawka promieniowania, dawka dopuszczalna; dawka graniczna,
- Jednostki wielkości fizycznych związanych z promieniotwórczością, jak: bekerel (Bq), grey (Gy), siwert (Sv),
- okres półrozpadu próbki promieniotwórczej, współczynnik pochłaniania,
- Charakterystyka licznika Geigera-Müllera, czas martwy licznika.

# 2. Metoda pracy

Praktyczne ćwiczenia laboratoryjne wspomagane komputerowo.

# 3. Formy pracy

Aktywna praca w zespołach 2-osobowych pod kierunkiem prowadzącego, praca zbiorowa.

# 4. Materiały i środki dydaktyczne

- Podstawa programowa i programy nauczania fizyki i astronomii w gimnazjum,
- Instrukcje do zadań i załączniki w formie pisemnej oraz elektronicznej,
- Licznik G-M współpracujący z komputerem IBM PC, skonstruowany w IF UMK (dostępny również z OEIiEZK, W-wa (AMSTEL wraz z oprogramowaniem COACH [9,10]),
- Oprogramowanie: program sterujący doświadczeniami z wykorzystaniem licznika GM, opracowania Kamila Wysockiego [12].

# 5. Planowany przebieg zajęć

# Przygotowanie układu pomiarowego do badania promieniowania jonizującego za pomocą licznika GM wspomaganego komputerowo:

- 1. Licznik Geigera-Müllera podłączyć do portu szeregowego RS 232 komputera IBM PC.
- 2. Uruchomić komputerowy program wspomagający doświadczenia z licznikiem GM, wybierając program o nazwie "GM 2004".
- 3. Z MENU głównego wybrać Ustawienia programu i detektora GM w celu ustalenia sposobu detekcji promieniowania; w przypadku podłączenia licznika do portu szeregowego RS 232 program zakłada transmisję przez pierwszy istniejący port.
- 4. Przejść do kolejnych opcji programu i po każdorazowym ustaleniu odpowiednich parametrów doświadczenia, wykonywać poszczególne zadania.

# Krótka charakterystyka programu (szczegóły- patrz Załącznik 1)

MENU główne programu **GM 2004** składa się z następujących autonomicznych części: O programie Ustawienia programu i detektora GM Pomiar promieniowania – miernik cyfrowy Pomiar poziomu promieniowania Ilość impulsów w przedziale Odstępy między impulsami Charakterystyka licznika Poziom promieniowania a odległość Liniowy współczynnik pochłaniania Rozpad promieniotwórczy i okres półrozpadu

W każdej z ww. opcji programu można dokonywać nowych pomiarów "na linii" z komputerem, czyli w czasie rzeczywistym, a ich wyniki zapisywać bądź w tabeli, bądź przedstawiać w postaci graficznej, jak również prezentować na ekranie monitora wyniki pomiarów zapisane uprzednio na dysku.

**Uwaga**: W każdym przypadku, korzystać można z odpowiednio zaprogramowanego komputerowego systemu pomocy "on line", przyciskając klawisz F1.

## Zadania do wykonania

- 1. Dokonać bezpośredniego pomiaru promieniowania naturalnej promieniotwórczości otoczenia (promieniowania tła). Zarejestrować średnią ilość aktów rozpadu promieniotwórczego na minutę (sekundę). Czas zbierania impulsów przyjąć 60 s. Podobne pomiary określające radioaktywność w czasie rzeczywistym wykonać dla:
  - a) związków chemicznych zawierających potas (pochodzącą od izotopu potasu <sup>40</sup>K, emitującego cząstki β o maksymalnej energii ok. 1.3 MeV).
    Wykorzystać do tego celu:
    - próbki KCl,
    - próbki nawozów sztucznych, jak np. 57 % sól potasowa, czy tzw. polifoska,
    - próbki rozdrobnionych materiałów budowlanych, etc.
  - b) promieniowania, emitowanego przez tzw. koszulkę Auera produkcji polskiej i francuskiej.
  - c) słabego źródła promieniotwórczego, np.  $^{60}_{27}$  Co.
  - d) znajdującego się w zestawie zegarka.

- 2. Oszacować pochłanianie promieniowania β przez różne materiały. Wyznaczyć liniowy współczynnik pochłaniania badanego materiału. Do pomiarów użyć papierowych książeczek, o grubości 0,5 mm (kilka pomiarów z rosnąca grubością materiału pochłaniającego) i bloczków ołowianego, mosiężnego, drewnianego. Jako źródło promieniowania użyć polskiej koszulki Auera.
- 3. Zbadać zależność natężenia promieniowania jonizującego od odległości od jego źródła. Jaka funkcja opisuje tę zależność?
- 4. Dodatkowo: przekonać się o statystycznych właściwościach procesu rozpadu promieniotwórczego badając:
  - a) rozkład liczby rozpadów w stałym interwale czasu, opcja pomiarowa ilość impulsów w przedziale,
  - b) rozkład interwałów czasu pomiędzy kolejnymi rozpadami, opcja pomiarowa odstępy między impulsami, (stosujemy ją wówczas, gdy liczba rozpadów jest bardzo mała).

Program pozwala w czasie rzeczywistym przedstawić na ekranie odpowiednie histogramy, jak również dopasować rozkłady teoretyczne odpowiadające histogramom uzyskanym w wyniku eksperymentu.

5. Zaproponować eksperyment, w którym można byłoby wykrywać promieniotwórczość pochodzącą od promieniotwórczych jąder powstających w naturalnym otoczeniu, w wyniku rozpadu gazowego pierwiastka promieniotwórczego RADONU.

## 6. UWAGI:

- Wykorzystywane w zadaniach materiały promieniotwórcze zostały dobrane po uwzględnieniu stopnia narażenia osób wykonujących ćwiczenie na działanie pochodzącego od nich promieniowania jonizującego. Niemniej, nie należy bez potrzeby zbyt długo nimi manipulować; promieniotwórczy <sup>60</sup>Co po wykorzystaniu należy umieścić w pudełku wyposażonym w osłonę przed promieniowaniem.
- 2. Wyniki poszczególnych pomiarów należy krótko opisać, a w opracowaniu zamieścić swoje komentarze, uwagi i nowe propozycje wykorzystania możliwości powyższego zestawu doświadczalnego w praktyce dydaktycznej.

#### Literatura

- [1] W. Bolton, Zarys fizyki, PWN, 656,1982.
- [2] J.B. Marion, W.F. Hornyak, General Physics with Bioscience Essays, J.Wiley, 1985.
- [3] R. Szepke, Promieniowanie jest wśród nas, WMON,1988.
- [4] J. Turło, Wybrane Problemy Dydaktyki Fizyki, W-wa, No. 371, 393,1989.
- [5] E. Fünfer i H. Neuert, Liczniki promieniowania PWN, W-wa, 1960.
- [6] J. Turło, R. Gołębiewski, Z. Turło, Proc. of Int. Workshop on Harmonisation of East-West Radioactive Pollutant Measurement, Brunel Univ., UK, 1994, 324.
- [7] J. Turło, Postępy Fizyki, 51, 99 103, 2000.
- [8] A.Z. Hrynkiewicz, Człowiek i promieniowanie jonizujące, Wyd. Naukowe PWN S.A., W-wa, 2001.
- [9] Centre for Microcomputer Applications, Amsterdam, The Netherlands, Geiger-Müller ionizing radiation sensor, description D029BT, Rev. 2002.
- [10] Coach 5, Measurement CL II 4. Exploring Physics, 2003.
- [11] J.Turlo, Propositions of nuclear issue education for students and teachers, Proc. of International IAEA Conference, Sacley, 2004.
- [12] K. Wysocki, Praca magisterska, opiekun J. Turło, Toruń, 2006.

# Załącznik 1

O programie Ustawienia programu i detektora GM Pomiar promieniowania – miernik cyfrowy Pomiar poziomu promieniowania Ilość impulsów w przedziale Odstępy między impulsami Charakterystyka licznika Poziom promieniowania a odległość Liniowy współczynnik pochłaniania Rozpad promieniotwórczy i okres półrozpadu

#### **O PROGRAMIE**

Program GM 2004 służy do odbioru i analizy danych zbieranych przez detektor Geigera-Müllera rejestrujący promieniowanie jonizujące  $\beta$  i  $\gamma$ . Program GM 2004 może być zastosowany do pomiaru poziomu promieniowania beta i gamma, występującego w naturalnym środowisku na skutek rozpadu nietrwałych radionuklidów, znajdujących się w skorupie ziemskiej bądź pochodzenia kosmicznego, a także emitowanego przez sztuczne źródła promieniowania. Umożliwia on także badanie fizycznych właściwości promieniowania jonizującego i zjawisk zachodzących podczas oddziaływania tego promieniowania z otaczającą materią, jak również badanie statystycznych właściwości praw rządzących rozpadem promieniotwórczym pierwiastków.

Program posiada bogate menu, które umożliwia wybór sposobu analizy danych zbieranych podczas pomiaru promieniowania.



Każde okno pomiarowe umożliwia wczytanie oraz zapisanie dokonanych pomiarów do plików z rozszerzeniami gm1,gm2,gm3 aż do gm8, odpowiednio dla każdego okna. Format tych plików zrozumiały jest tylko przez sam program, dlatego istnieje również możliwość zapisu danych jako tekstu do plików z rozszerzeniem txt, które można otworzyć dowolnym programem tworzącym wykresy. Obraz aktualnego okna pomiarowego można też zapisać do pliku graficznego o rozszerzeniu bmp. To wszystko umożliwia opcja: **Dane** z menu głównego każdego okna.

W każdym oknie pomiarowym w lewym dolnym rogu wyświetlane jest napięcie pracy detektora, które można ustawić w oknie: Ustawienia programu i detektora GM. W oknie tym należy również ustawić inne ważne parametry w celu poprawnego działania programu.

# USTAWIENIA PROGRAMU I DETEKTORA GM

Ustawienia
Port Napięcie
Prędkość komunikacji
max min
Identyfikacja licznika
GM N0002 UMK TOR Pobler2
Średnie promieniowanie ≵a
2,43 mSv/rok = 10 imp/min
Ustawienia domyślne
Ok ?

W oknie tym możemy ustawić wszystkie parametry potrzebne do poprawnego działania całego programu. Istnieje możliwość ustawienia:

- portu, do którego podłączony jest nasz detektor (mamy do wybory dwa porty COM1 lub COM2);
- napięcia pracy detektora w zakresie od 300V do 665V (dobór odpowiedniego napięcia opisany jest w części poświęconej Charakterystyce licznika);
- prędkości komunikacji na taką, przy której transmisja danych zachodzi bez problemów;
- średniego promieniowania tła, które potrzebne jest podczas pracy programu.

# POMIAR PROMIENIOWANIA – MIERNIK CYFROWY

🚼 Miernik cyfrowy - koszulka.gm1 📃 🖬									
Dane Zacznij pomiar Pomoc									
Doza [D,3865] uSv 0,0387 mrem [836] imp									
Natężenie 6,6316 uSv/h 0,6632 mrem/h 239,063 imp/r	min								
Napięcie: 560 V Czas pomiaru: 0h 3min 29s 818m	าร								

Opcja ta pozwala mierzyć dawkę i natężenie promieniowania w najczęściej spotykanych jednostkach ( $\mu$ Sv, mrem,  $\mu$ Sv/h, mrem/h) oraz przedstawić poziom promieniowania w impulsach (imp) i w impulsach na minutę (imp/min). Wielkości te oraz czas pomiaru przedstawiane są na bieżąco w opisanych polach.

Do przeliczenia liczby impulsów na pozostałe jednostki wykorzystywana jest zależność pomiędzy roczną średnią dawką promieniowania tła podaną w mSv/rok a odpowiadającą jej liczbie impulsów na minutę. Zależność ta została umieszczona w oknie: Ustawienia programu i detektora GM. Użytkownik programu ma możliwość jej zmiany.

#### POMIAR POZIOMU PROMIENIOWANIA



Opcja ta pozwala mierzyć poziom promieniowania jonizującego w impulsach na minutę. Komputer zlicza impulsy przez zadany czas zbierania impulsów, przelicza je na liczbę impulsów na minutę i umieszcza pomiar na wykresie. Następnie powtarza tę operację, a czas zbierania impulsów jest przesuwany o niewielki krok czasowy. Proces ten jest wykonywany przez zadany czas całkowitego pomiaru. W ten sposób otrzymujemy wykres poziomu promieniowania uśrednionego w czasie zbierania impulsów. Wykres natężenia promieniowania w czasie, przedstawiony jest w skali logarytmicznej

W wyniku działania licznika w sposób opisany w części: **O programie** wykres poziomu promieniowania uaktualniany jest po każdym odebranym impulsie, przy czym maksymalnie po 8 sekundach, jeśli detektor nic nie wykryje.

Pomiar poziomu promieniowania								
Parametry								
Czas zbierania impulsów:	15 🔶 🜩 s							
Całkowity czas pomiaru:								
⊙ 1 🚖 🜩 min	C 4 doby							
🔿 1 doba	🔿 5 dób							
C 2 doby	🔿 6 dób							
C 3 doby	🔿 7 dób							
Ścieżka:								
	0 10 10							
Nazwa plików:								
pomiar _1-7doba.gm8								
Zastosuj								

Przed przystąpieniem do pomiaru należy wybrać z menu pozycję: **Parametry** i ustawić w sekundach pożądany czas zbierania impulsów, w którym komputer dokonuje obliczenia bieżącego poziomu promieniowania na podstawie znajomości liczby impulsów, jaka wystąpiła w ostatnim okresie tego czasu. W celu otrzymania wystarczająco ciągłych pomiarów, czas zbierania impulsów powinien być wielokrotnie dłuższy od średniego czasu, jaki upływa między dwoma kolejnymi impulsami. Im większy czas zbierania impulsów tym bardziej ciągły pomiar (mniej skokowy) i jednocześnie tym wolniejsza reakcja układu pomiarowego na nagłą

zmianę natężenia promieniowania. Pełna reakcja (akomodacja układu) nastąpi wtedy po okresie czasu równym czasowi zbierania impulsów.

Aby rozpocząć pomiar należy wybrać z menu pozycję Zacznij pomiar. W prawym dolnym rogu okna znajduje się wskaźnik upływającego czasu. Najpierw wskazuje on upływający czas równy czasowi zbierania impulsów potrzebny do wyznaczenia pierwszego pomiaru poziomu promieniowania. Następnie będzie on wskazywał upływanie całkowitego czasu pomiaru. W każdej chwili możemy przerwać pomiary, wybierając z menu pozycję Zakończ pomiar.

Dokonany pomiar zapisuje się do pliku, a w razie potrzeby można wczytać i umieścić na jednym wykresie do czterech pomiarów, co daje możliwość bezpośredniego ich porównania. Niestety, aby móc umieścić jednocześnie kilka pomiarów na wykresie wszystkie one muszą być dokonane z takim samym całkowitym czasem pomiaru.

#### ILOŚĆ IMPULSÓW W PRZEDZIALE

Wykorzystując tą opcję programu można badać statystykę związaną z ilością występowania impulsów w zadanym interwale czasowym. Komputer wykonuje szereg pomiarów polegających na zliczaniu impulsów w wielu interwałach o zadanym czasie trwania. Ostatecznie otrzymuje się graficzną prezentację prawdopodobieństwa, z jakim wystąpiła detekcja danej ilości impulsów w zadanym przedziale czasowym.

llość impulsów w przedziale	
Parametry	
Interwał czasowy: 2	\$ \$
Maksymalna liczba impulsów: 17	\$\$
Zastosu	

Przed przystąpieniem do pomiaru należy wybrać z menu pozycję **Parametry** i ustawić w sekundach pożądany interwał czasowy, czyli czas trwania jednostkowych pomiarów, podczas których komputer zlicza impulsy. W przypadku badania promieniowania tła zalecany czas interwału to około 10s, dla słabych źródeł najlepiej zadać czas rzędu 1s. Trzeba ustawić również maksymalną liczbę impulsów, jaka może zajść podczas jednego interwału czasowego. Wartość tę przewiduje się lub wyznacza doświadczalnie. Jeśli zdarzy się, że liczba faktycznie zarejestrowanych impulsów będzie większa od podanej maksymalnej liczby impulsów to nie zostanie to odnotowane na wykresie. Po ustawieniu parametrów, należy kliknąć przycisk Zastosuj.

Aby zacząć pomiar należy wybrać z menu pozycję Zacznij pomiar. Im dłużej będzie dokonywany pomiar tym wykres będzie bardziej dokładny. W każdej chwili możemy przerwać pomiary wybierając z menu pozycję **Zakończ pomiar**.



Po zakończeniu pomiaru, można do uzyskanego wykresu dopasować rozkład Poissona klikając na pozycję Statystyka. Rozkład Poissona stosowany jest dla zjawisk, w których rozrzut otrzymanych wartości pomiarowych spowodowany jest statystycznym charakterem samego zjawiska. Rozkład Poissona obliczany jest ze wzoru:

$$P(n) = \frac{s^n \times e^{-s}}{n!}$$

gdzie: s - średnia ilość impulsów;

P(n) - prawdopodobieństwo wystąpienia n impulsów.

Dodatkowo wyświetlane są następujące wielkości:

- Iśr średnia ilość impulsów;
- w wariancja;
- N liczba wszystkich pomiarów.

## **ODSTĘPY MIĘDZY IMPULSAMI**

Okno to pozwala na badanie statystyki związanej z odstępami czasowymi upływającymi między kolejnymi zarejestrowanymi impulsami. Po otrzymaniu od detektora informacji o czasie, jaki upłynął pomiędzy kolejnymi impulsami program automatycznie zwiększa wartość dla odpowiedniego przedziału czasowego na wykresie oraz wyróżnia go dla lepszej wizualizacji, zaznaczając żółtym kolorem.

Odstępy między impulsami – Parametry		
Maksymalny czas:	1	<b>\$ \$</b>
llość przedziałów czasowych:	26	<b>\$</b>
Zastosu		

Przed przystąpieniem do pomiaru należy wybrać z menu pozycję Parametry i ustawić w sekundach maksymalny czas, jaki może upłynąć między kolejnymi impulsami pochodzącymi z licznika. Jeśli zdarzy się, że czas między impulsami przekroczy ustawiony maksymalny czas, to nie zostanie to uwzględnione w wykresie, ale też nie spowoduje to błędu w działaniu programu. W przypadku badania promieniowania tła zalecany maksymalny czas jest rzędu 30s. Przy badaniu słabych źródeł promieniowania proponuje się zadać około 1s. Należy również ustawić ilość przedziałów czasowych, na jakie zostanie podzielony zadany wcześniej

maksymalny czas. Im większa będzie to liczba, tym większy będzie stopień przybliżenia określania odległości czasowej między impulsami. Typową i zalecaną wartością jest 30. Po ustawieniu parametrów, należy kliknąć przycisk Zastosuj.

Aby zacząć pomiar należy wybrać z menu pozycję Zacznij pomiar. Im dłużej będzie dokonywany pomiar, tym wykres będzie bardziej dokładny. W każdej chwili możemy przerwać pomiary wybierając z menu pozycję Zakończ pomiar.



Po zakończeniu pomiaru, można do uzyskanego wykresu dopasować krzywą eksponencjalną klikając na pozycję Statystyka. Spowodowane jest to tym, iż pomiar odstępów między impulsami ma charakter eksponencjalny. Parametry krzywej eksponencjalnej f(x)=a\*exp(b\*x), obliczane są metodą najmniejszych kwadratów, pozwalającej najlepiej dopasować ją do wyników eksperymentalnych.

Dodatkowo wyświetlane są następujące wielkości:

- Tśr średnia czas między kolejnymi impulsami;
- w wariancja;
- N liczba wszystkich pomiarów.

# CHARAKTERYSTYKA LICZNIKA



Aby licznik GM pracował stabilnie, tzn. aby szybkość liczenia (liczba impulsów N w jednostce czasu) była niezależna od napięcia, należy właściwie wybrać tzw. punkt pracy licznika, czyli

najbardziej odpowiednie napięcie przykładane do rurki rejestracyjnej licznika. W tym celu należy "zmierzyć" charakterystykę roboczą licznika, czyli sporządzić wykres przedstawiający zależność ilości zliczanych impulsów dla konkretnego źródła promieniowania od przyłożonego napięcia.



Poniżej pewnego napięcia progowego U1 licznik nie rejestruje przejścia cząstek z powodu zbyt słabych impulsów. Przy wzroście napięcia od U1 do U2 szybkość liczenia rośnie (rejestrowana liczba impulsów rośnie z napięciem). W zakresie napięć od U2 do U3 szybkość liczenia jest prawie stała, niezależna od napięcia. Tę część wykresu nazywamy obszarem "plateau" i na jego podstawie ustalamy odpowiednie napięcie pracy licznika, którego wartość powinna się równać miej więcej z wartością ze środka tego obszaru. Przy napięciach wyższych niż U3 licznik nie pracuje stabilnie i zaczyna się wzbudzać.

C	Charakterystyka licznika									
F	Parametry									
Z	Zakres napięcia od:	300	\$\$	V do:	665	<b>\$ \$</b> V				
1	lość przedziałów:	12	\$\$							
(	Czas pomiaru:	30	\$	s						
	Zastosų									

Zanim zaczniemy pomiar należy wybrać z menu pozycję **Parametry** i w oknie, które się pojawi ustawić zakres napięcia, w jakim chcemy przebadać licznik. Ze względu na konstrukcję licznika najszerszym badanym zakresem może być zakres od 300V do 665V. Należy również ustawić ilość przedziałów, na jaką zostanie podzielony powyższy zakres napięcia oraz czas pomiaru, który będzie taki sam dla każdej badanej wartości napięcia. Im dłuższy ustawimy czas pomiaru i im większą ilość przedziałów, tym wykres będzie bardziej dokładny. Po ustawieniu parametrów, klikamy przycisk **Zastosuj**.

Aby zacząć pomiar należy wybrać z menu pozycję **Zacznij pomiar**, a program zacznie ustawiać kolejno odpowiednie napięcia pracy i dokonywać pomiarów. W prawym dolnym rogu okna znajduje się wskaźnik upływającego czasu. W każdej chwili możemy przerwać pomiary, wybierając z menu pozycję **Zakończ pomiar**.



# POZIOM PROMIENIOWANIA A ODLEGŁOŚĆ

Okno to pozwala na pomiary poziomu promieniowania w zależności od odległości źródła promieniowania od detektora. Celem tych pomiarów jest przedstawienie na wykresie zależności poziomu promieniowania od odległości. Otrzymane wyniki pomiarów pozwolą na sprawdzenie, czy zależność poziomu promieniowania od odległości jest funkcją kwadratową.

Poziom promieniowania a odległość									
Parametry									
Liczba pomiarów:	7 主								
Czas pojedynczego pomiaru:	30 🜲 🖨 s								
Pierwszy pomiar dla:	1 🚖 🜩 cm								
Zmiana co:	1 💠 🗘 cm								
Zastosu									

Przed przystąpieniem do pomiaru należy wybrać z menu pozycję **Parametry**. W oknie tym należy ustawić cztery parametry potrzebne do dokonania pomiarów. Pierwszym parametrem jest liczba pomiarów mówiąca dla ilu różnych odległości będą dokonywane pomiary promieniowania. Drugim parametrem jest czas pojedynczego pomiaru ustawiany w sekundach, który określa jak długo będzie trwał pomiar dla każdej odległości. Kolejny parametr określa w centymetrach odległość źródła promieniowania od detektora dla pierwszego pomiaru a ostatni parametr określa również w centymetrach zmianę odległości pomiędzy kolejnymi pomiarami. Po ustawieniu parametrów, należy kliknąć przycisk **Zastosuj**.

Aby zacząć pomiar należy wybrać z menu pozycję **Zacznij pomiar**. Następnie program przed każdym pomiarem będzie wyświetlał okienko informacyjne mówiące, dla jakiej odległości będzie dokonywany następny pomiar. W trakcie pomiarów, w prawym dolnym rogu okna pokazywany jest upływający czas pojedynczego pomiaru. W każdej chwili możemy przerwać pomiary wybierając z menu pozycję **Zakończ pomiar**.

# LINIOWY WSPÓŁCZYNNIK POCHŁANIANIA

🚼 Liniowy współczynnik pochłaniania - koszulka.gm7 🛛 📃 🖂 🔀									
Dane Parametry Pomoc									
Pomiar promieniowania źródła Tabela danych									
$T_{0} = 00$ imp(min State	lo	d I	μ						
	[imp/min] [r	mm] [imp/min]	[1/cm]						
Pomiar promianiowania z przesłona	243,5621 5	70,5926	2,4769						
	243,5621 5	76,205	2,3239						
d = 0,0 mm Start	243,5621 5	72,904	2,4125						
$\tau = 0.0$ imp/min	243,5621 5	68,7482	2,5298						
	243,5621 5	85,433	2,0953						
	243,5621 5	69,8509	2,4980						
				-					
μ =   <mark>0,0</mark> 1/cm <u>Dodaj</u> =>	μ̄ =	2,3894	1/cm						
Napięcie: 600 V 🛛 Czas pomiaru: Omin 15s 🔳				Π					

Okno to pozwala na wyznaczanie liniowego współczynnika pochłaniania poprzez pomiar poziomu promieniowania jakiegoś źródła wzorcowego, a następnie pomiar poziomu promieniowania tego samego źródła przesłoniętego badanym obiektem, i w tym celu wykorzystujemy wzór:

$$I(d) = Io \times e^{-\mu d}$$

gdzie: I – promieniowanie źródła;

Io – promieniowanie źródła przesłoniętego;

μ – współczynnik pochłaniania;

d – grubość przesłony.

Liniowy współczynnik pochłaniania							
Parametry							
Czas pomiaru:	15 🜲 s						
Zast	osuj						

Przed przystąpieniem do pomiaru należy wybrać z menu pozycję Parametry i ustawić w sekundach czas pomiaru poziomów promieniowania.

Aby wyznaczyć współczynnik pochłaniania jakiegoś obiektu należy najpierw umieścić przed detektorem jakieś źródło promieniowania i kliknąć na przycisk **Start** w obszarze odpowiedzialnym za pomiar promieniowania źródła. W trakcie pomiaru w prawym dolnym rogu okna pokazywany jest upływający czas pomiaru. Pomiar można w każdej chwili przerwać klikając na przycisk **Stop.** Po dokonanym pomiarze otrzymamy w polu oznaczonym Io, konkretną wartość promieniowania źródła wyrażoną w imp/min. Następnie należy umieścić badaną przesłonę pomiędzy detektorem a źródłem promieniowania, wpisać w polu oznaczonym d, grubość przesłony wyrażonej w milimetrach i kliknąć przycisk **Start** w obszarze odpowiedzialnym za pomiar promieniowania z przesłoną. Po dokonanym pomiarze w polu oznaczonym I otrzymamy zmierzoną wartość promieniowania, a w polu oznaczonym  $\mu$ , automatycznie uzyskamy obliczoną wartość współczynnika wyrażoną w 1/cm. Tę wartość współczynnika pochłaniania wraz ze wszystkimi potrzebnymi do jego wyznaczenia wartościami możemy dodać do tabeli danych klikając przycisk **Dodaj** =>. Aby wyznaczyć wartość współczynnika dokładnie, należy te pomiary wykonać kilkakrotnie. Pomiary można wykonywać dla różnych grubości przesłony, ponieważ współczynnik pochłaniania jest zależny

jedynie od rodzaju materiału, z jakiego jest wykonana przesłona. Po każdym dodaniu nowych wartości do tabeli danych liczona jest uśredniona wartość współczynnika pochłaniania i umieszczana w polu pod tabelą danych.

## ROZPAD PROMIENIOTWÓRCZY I OKRES PÓŁROZPADU

Dzięki tej opcji można badając zjawisko rozpadu promieniotwórczego wyznaczyć okres półrozpadu pierwiastków, wykorzystując wzory:

$$N(t) = No \times e^{-\lambda t}$$
$$t_{1/2} = \ln 2/\lambda$$

gdzie: N – początkowy poziom promieniowania próbki;

No – poziom promieniowania próbki po czasie t;

- $\lambda$  stała rozpadu;
- t-czas pomiaru;
- t<sub>1/2</sub> okres półrozpadu;

Badanie zjawiska rozpadu promieniotwórczego oparte jest na takiej samej zasadzie, jak Pomiar poziomu promieniowania. Parametry również są takie same, jedynie czas zbierania impulsów należy dobierać możliwie mały dla próbek o krótkim okresie półrozpadu, aby wykres nie był zakłamany.



Po dokonaniu pomiaru należy kliknąć na pozycję Statystyka w celu wyznaczenia okresu półrozpadu oraz dopasowania krzywej ekspotencjalnej do otrzymanego wykresu.

#### CZYM JEST I JAK POWSTAJE PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE?

Naturalną promieniotwórczość pierwiastków, polegającą na emisji przez nietrwałe jądra atomów promieniowania jonizującego odkrył w 1896 roku francuski uczony **Henri Becquerel**. Nazwy *radioaktywność (promieniotwórczość)* po raz pierwszy użyła nasza rodaczka **Maria Skłodowska-Curie**, która odkryła dwa pierwiastki promieniotwórcze polon i rad i za wyniki swych badań w dziedzinie promieniotwórczości dwukrotnie otrzymała nagrodę Nobla - w 1903 roku, wspólnie z mężem Piotrem Curie w dziedzinie fizyki i w roku 1911 w dziedzinie chemii.

**Promieniowaniem jonizującym** określamy różne rodzaje promieniowania, które mając wystarczająco dużą energię powodują zmiany elektryczne - odrywanie elektronów od atomów i powstawanie jonów, czyli jonizację materii, przez którą przechodzą, mogąc przy tym rozrywać wiązania chemiczne pomiędzy atomami.

Promieniowanie jonizujące jest nieodłącznym składnikiem naszego środowiska, mającym doniosły wpływ na rozwój i ewolucje życia na Ziemi. Promieniowanie to powstaje w wyniku szeregu procesów:

- promieniowania kosmicznego, będącego w istocie rozpędzonymi do ogromnych energii protonami, jądrami helu, a także innymi atomami docierającymi nieustannie z Kosmosu oraz z atmosfery Słońca, które zderzając się z atomami atmosfery ziemskiej prowadzą do powstawania wtórnych źródeł promieniowania,
- samorzutnego rozpadu niestabilnych atomów promieniotwórczych, wchodzących w skład naszego naturalnego otoczenia,
- rozpadu promieniotwórczych pierwiastków wprowadzonych do naszego otoczenia w sposób niekontrolowany, np. w wyniku prób z bronią jądrową, czy też katastrof w energetyce jądrowej,
- rozpadu paliwa jądrowego w reaktorach jądrowych lub przyspieszania cząstek do dużych prędkości w akceleratorach,
- przy przejściach elektronów na wewnętrzne powłoki elektronowe atomu powstające wówczas promieniowanie rentgenowskie (X) wykorzystywane jest w technice i diagnostyce medycznej.

# WPŁYW RÓŻNYCH CZYNNIKÓW NA SZYBKOŚĆ REAKCJI CHEMICZNYCH

Agnieszka Dyszczyńska, Krzysztof Służewski

Celem tego opracowania jest pokazanie przebiegu i wyników cyklu doświadczeń wspomaganych komputerowo, oraz ich wykorzystania w szkole ponadgimnazjalnej na lekcjach chemii.

## I. Założenia metodyczne:

# Cele operacyjne:

a) wiadomości:

uczeń potrafi:

- zdefiniować pojęcia: szybkość reakcji, katalizator, inhibitor reakcji,
- wyjaśnić pojęcie energii aktywacji,
- wymienić metody wyznaczania szybkości reakcji chemicznej,
- wymienić czynniki wpływające na szybkość reakcji chemicznej,
- określić wskaźnik światła, pH i O<sub>2</sub>,
- b) umiejętności:

<u>uczeń potrafi:</u>

- doświadczalnie sprawdzić wpływ różnych czynników fizycznych na szybkość reakcji,
- wyjaśnić różnicę między katalizatorem a inhibitorem,
- wyjaśnić działanie enzymów,
- przedstawić przebieg i wyniki doświadczeń wspomaganych komputerowo,
- wykorzystać zdobytą wiedzę w życiu codziennym.
- c) wychowania:
- kształtowanie umiejętności pracy w grupie,
- kształtowanie umiejętności obserwacji przemian i właściwej ich interpretacji,
- kształtowanie umiejętności projektowania doświadczeń chemicznych.

## Metody pracy:

- a) wiodąca:
- praktyczna ćwiczenia wykonane przez uczniów,
- aktywizująca burza mózgów,
- b) wspomagająca:
- pogadanka.

## Formy pracy:

Aktywna praca w zespołach 3-osobowych pod kierunkiem prowadzącego, praca zespołowa.

# I. Tok zajęć:

## Podstawy teoretyczne

Reakcje chemiczne zachodzą z różną szybkością, niektóre bardzo gwałtownie i natychmiastowo, inne powoli, niedostrzegalnie dla obserwatora np. wietrzenie skał czy korozja metali. Szybkość reakcji chemicznej zależy nie tylko od rodzaju i stężenia reagentów. Znajomość szybkości reakcji ma podstawowe znaczenie teoretyczne i praktyczne. Dział chemii zajmujący się badaniem szybkości reakcji nazywa się **kinetyką chemiczną.** O szybkości reakcji nie można wnioskować z jej równania. Można ją wyznaczyć doświadczalnie, mierząc zmiany stężenia reagentów w czasie procesu.

Szybkość reakcji jest to stopień zmniejszania się stężenia substratów lub przyrostu stężenia produktów reakcji w jednostce czasu. Innymi słowy, szybkość reakcji określa zmianę stężenia reagentów w jednostce czasu, co wyraża się wzorem:

$$\mathbf{V} = \pm \frac{\Delta C}{\Delta t} \; [\text{mol/dm}^3 * \text{s}]$$

Gdzie:

- V szybkość reakcji chemicznej;
- $\Delta C zmiana$  stężenia reagentów;
- Δt jednostka czasu.

Znak "-", we wzorze występuje, jeżeli rozważa się stężenia substratów, a zna "+" przy mierzeniu stężenia produktów.

Wiele teorii kinetycznych zajmuje się wyjaśnieniem różnej szybkości zachodzenie reakcji. **Teoria zderzeń aktywnych** zakłada, że przemiana chemiczna może mieć miejsce tylko wtedy, gdy molekuły substratów zderzą się ze sobą. Okazuje się jednak, że jedynie niewielki ułamek całkowitej liczby zderzeń międzycząsteczkowych skutkuje powstaniem produktu. Do zajścia reakcji konieczne jest osiągnięcie przez układ pewnego nadmiaru energii, aktywującej cząsteczki. Tę najmniejsza ilość energii, niezbędną do zapoczątkowania reakcji, nazywa się **energią aktywacji.** Energia aktywacji zostaje przez cząsteczki substratów użyta na pokonanie bariery energetycznej reakcji, to znaczy na utworzenie przejściowego **kompleksu aktywnego**. Jest to bogaty energetycznie stan przejściowy reagentów, który samorzutnie przekształca się w produkt reakcji. Powstawanie kompleksu aktywnego można przedstawić schematycznie:

 $\begin{array}{rcl} AB + C & \rightarrow & [ABC]^* \rightarrow AC + B \\ & substraty & kompleks aktywny & produkty \\ & stan przejściowy & \end{array}$ 

Energia aktywacji jest podstawowym czynnikiem decydującym o szybkości reakcji. Im jest mniejsza – tym proces przebiega szybciej.

#### Jakie czynniki wpływają na szybkość reakcji chemicznych?

#### Część praktyczna

#### Doświadczenie 1. Badanie wpływu rodzaju reagentów na szybkości reakcji.

#### Przygotowanie zestawu doświadczalnego.

Do przeprowadzenia doświadczenia będziemy potrzebować:

- wody destylowanej;
- tiosiarczanu sodu Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;
- azotanu(V) ołowiu(II) Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>;
- jodku potasu KI;
- kwasu solnego HCl;
- kuwety;
- pudełka do pomiarów (z dwoma otworami naprzeciw siebie: na źródło światła i czujnik);
- zestawu Coach 5 z czujnikiem światła;
- komputera typu PC z zainstalowanym oprogramowaniem Coach5.

#### Instrukcja do wykonania zadania:

Przygotuj 0,1-molowe wodne roztwory następujących soli: tiosiarczanu sodu  $Na_2S_2O_3$ , azotanu(V) ołowiu(II) Pb( $NO_3$ )<sub>2</sub> i jodku potasu KI oraz 0,1-molowy kwas solny HCl. Następnie zestaw układ pomiarowy, jak na poniższym **rysunku 1.** 

**A.** Do kuwety, umieszczonej w pudełku, wlej 100cm<sup>3</sup> 0.1-molowego roztworu tiosiarczanu sodu Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Podłącz czujnik światła do rejestratora(gniazdo1) i włącz żarówkę. Przygotuj i uruchom pomiar (gotowa jednostka – pomiary z chemii / pracownia chemiczna / szybkość reakcji). Następnie do kuwety dodaj 100 cm<sup>3</sup> 0,1-molowego kwasu solnego HCl. Pomiar prowadź przez 2 minuty (mierząc natężenie światła 12 razy na minutę). Zapisz wyniki i wydrukuj wykres zależności zmiany natężenia światła w czasie.

Rysunek 1. Schemat układu pomiarowego.



**B.** Do kuwety, umieszczonej w pudełku, wlej 100cm<sup>3</sup> 0.1-molowego roztworu azotanu (V) ołowiu(II) Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Podłącz czujnik światła do rejestratora (gniazdo1) i włącz żarówkę. Przygotuj i uruchom pomiar (gotowa jednostka – pomiary z chemii / pracownia chemiczna / szybkość reakcji). Następnie do kuwety dodaj 100 cm<sup>3</sup> 0,1-molowego jodku potasu KI. Pomiar prowadź przez 2 minuty (mierząc natężenie światła 12 razy na minutę). Uzyskane dane przenieś do arkusza kalkulacyjnego Excel i sporządź wykres zależności zmiany natężenia światła w czasie.

Porównaj wyniki z doświadczenia A i B.

## Uwaga.

Przed przystąpieniem do pomiaru należy zbadać natężenie światła przechodzącego przez kuwetę

i roztwór tiosiarczanu sodu  $Na_2S_2O_3$  (azotanu(V) ołowiu(II) Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>). Wykres1.



## Omówienie wyników:

Reakcje przebiegają według poniższych równań:

- i.  $Na_2S_2O_3 + HCI ---> 2 NaCl + S \downarrow + SO_2 \uparrow + H_2O$
- ii.  $Pb(NO_3)_2 + KI \longrightarrow 2KNO_3 + PbI_2 \downarrow$

Odczyty czujnika natężenia światła [%] prowadzone były 12 razy na minutę. Pomiar trwał 2 minuty dla każdej próbki.

Podczas reakcji w obu próbkach powstaje osad, który powoduje zmętnienie roztworu. W związku z tym następuje zmniejszenie natężenia światła przedostającego się przez roztwór. Porównując zmiany natężenia światła można stwierdzić, że proces pierwszy A przebiega powoli. Natomiast proces **B** jest reakcją bardzo szybką, osad wytrąca się już w momencie zmieszania ze sobą obu roztworów.

#### Wniosek:

Szybkość reakcji zależy zatem od rodzaju substratów.

#### Doświadczenie 2. Badanie wpływu stężenia substratów na szybkość reakcji.

#### Przygotowanie zestawu doświadczalnego.

Do przeprowadzenia doświadczenia będziemy potrzebować:

- wody destylowanej;
- tiosiarczanu sodu Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;
- kwasu solnego HCl;
- kuwety;
- pudełka do pomiarów (z dwoma otworami naprzeciw siebie: na źródło światła i czujnik);
- zestawu Coach 5 z czujnikiem światła;
- komputera typu PC z zainstalowanym oprogramowaniem Coach5.

# Instrukcja do wykonania zadania:

Przygotuj wodne roztwory tiosiarczanu sodu  $Na_2S_2O_3$  o następujących stężeniach 0.5 – molowy, 0.1 – molowy i 0.05 - molowy oraz 0,1-molowy kwas solny HCl. Następnie zestaw układ pomiarowy, jak na poniższym rysunku 2.

Rysunek 2. Schemat układu pomiarowego.



Do kuwety, umieszczonej w pudełku, wlej  $100 \text{cm}^3 0.05$ -molowego roztworu tiosiarczanu sodu Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Podłącz czujnik światła do rejestratora(gniazdo1) i włącz żarówkę. Przygotuj i uruchom pomiar (gotowa jednostka – pomiary z chemii / pracownia chemiczna / szybkość reakcji). Następnie do kuwety dodaj 100 cm<sup>3</sup> 0,1-molowego kwasu solnego HCl. Pomiar prowadź przez 5 minut (mierząc natężenie światła 12 razy na minutę).

Procedurę powtórz dla pozostałych dwóch stężeń tiosiarczanu sodu.

Zapisz wyniki i wydrukuj wykres zależności zmiany natężenia światła w czasie.





#### Omówienie wyników:

Reakcja przebiega według poniższego równia:

 $Na_2S_2O_3 + HCl ---> 2 NaCl + S \downarrow + SO_2 \uparrow + H_2O$ 

12 razy na minutę były prowadzone odczyty czujnika natężenia światła [%]. Pomiar trwał 5 minut dla każdej próbki.

Podczas reakcji powstaje osad, który powoduje zmętnienie roztworu. W związku z tym zmniejsza się natężenie światła przedostającego się przez roztwór. Porównując zmiany natężenia światła można stwierdzić, że proces wytrącania osadu przebiega najszybciej w próbce, gdzie stężenie tiosiarczanu sodu było największe. W miarę zmniejszenia stężenia tiosiarczanu sodu obserwujemy wydłużenie czasu reakcji, jaki musi upłynąć, aby natężenie światła docierającego do czujnika zmniejszyła się.

Wzrost stężenia powoduje zwiększenie ogólnej liczby zderzeń między drobinami w jednostce czasu, a więc również liczby tych zderzeń, które są chemicznie efektowne.

Wniosek:

Szybkość reakcji zależy od stężenia substratów.

#### Doświadczenie 3. Badanie wpływu temperatury na szybkość reakcji.

#### Przygotowanie zestawu doświadczalnego.

Do przeprowadzenia doświadczenia będziemy potrzebować:

- wody destylowanej;
- wiórków magnezowych;
- zlewki o poj.100 ml;
- statywu i zacisku;
- łaźni wodnej;
- zestawu Coach 5 z czujnikiem pH;

• komputera typu PC z zainstalowanym oprogramowaniem Coach5.

#### Instrukcja do wykonania zadania:

Przygotuj zlewkę z 50 ml wody destylowanej. Umieść w niej czujnik pH podłączony do gniazda 1 w konsoli (zestaw układ pomiarowy, jak na poniższym rysunku 3) następnie wrzuć około 1g wiórków magnezowych i mierz zmiany pH w czasie. Proces przeprowadź w temperaturze:

A. pokojowej (25 °C);

**B.** 70 ° C.

Uzyskane dane przenieś do arkusza kalkulacyjnego Excel i sporządź wykres zależności zmian pH od czasu.

Rysunek 3. Schemat układu pomiarowego.







#### Omówienie wyników:

Reakcja przebiega według poniższego równia:

 $2Mg + 2H_2O \rightarrow 2Mg(OH)_2 + H_2\uparrow$ 

Odczyt czujnika pH prowadzony był 2 razy na minutę. Pomiar trwał 20 minut dla każdej próbki. Magnez roztworzył się znacznie szybciej w próbce o wyższej temperaturze.

Z mikroskopowego punktu widzenia wpływ temperatury na szybkość reakcji polega na tym, że temperatura decyduje o rezultatach zderzeń aktywnych. Zderzenie drobin prowadzi albo do odbicia sprężystego, albo do przekształcenia chemicznego i wówczas mówimy, że były chemicznie efektywne. O rezultatach zderzeń decyduje przede wszystkim energia kinetyczna zderzających się drobin, która jest tym większa, im wyższa jest temperatura.

#### Wniosek:

```
Czynnikiem wpływającym na szybkość reakcji jest temperatura.
```

#### Doświadczenie 4. Badanie wpływu katalizatora na szybkość reakcji.

#### Przygotowanie zestawu doświadczalnego.

Do przeprowadzenia doświadczenia będziemy potrzebować:

- wody utlenionej (3% roztworu nadtlenku wodoru),
- tlenku manganu (IV) MnO<sub>2</sub>,
- cylindra o poj.100 ml;
- statywu i zacisku;
- zestawu Coach 5 z czujnikiem tlenu (O<sub>2</sub>);
- komputera typu PC z zainstalowanym oprogramowaniem Coach 5.

## Instrukcja do wykonania zadania:

Przygotuj zestaw pokazany na rysunku 4 poniżej. Do cylindra o poj. 100ml wlej 5 ml wody utlenionej (3% roztworu nadtlenku wodoru). Dokonaj pomiaru stężenia tlenu przez 5 minut. Następnie, po upływie około 2 minut, dodaj do roztworu szczyptę tlenku manganu (IV) i ponownie zarejestruj zmiany stężenia tlenu, a po jej zakończeniu ustal, czy tlenek manganu (IV) nadal pozostaje w cylindrze, czy też uległ zużyciu.

Uzyskane dane przenieś do arkusza kalkulacyjnego Excel i sporządź wykres zależności zmian stężenia tlenu [%] od czasu.

Rysunek 4. Schemat układu pomiarowego.



#### Wykres 4.



#### Omówienie wyników:

Reakcja przebiega według poniższego równia:

 $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2\uparrow$ 

Proces rozpadu nadtlenku wodoru przez pierwsze 150 s przebiega na tyle powoli, że zmiany stężenia tlenu [%] są praktycznie nie wykrywane przez czujnik. Po dodaniu tlenku manganu(IV) do roztworu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> następuje intensywne wydzielanie tlenu, rejestrowane przez czujnik. Tlenek manganu (IV) przyspieszył rozkład nadtlenku wodoru i nie zużywa się podczas reakcji. Jest katalizatorem tej reakcji.

\* **Katalizator** powoduje podwyższenie lub obniżenie energii aktywacji substratów. Takie katalizatory, które zwiększają energię aktywacji substratów, nazywamy inhibitorami. Znanych jest bardzo wiele różnych katalizatorów, ale najbardziej skuteczne wytwarzała sama przyroda. Są to enzymy, czyli duże cząsteczki białka, katalizujące przemiany w organizmach żywych.

#### Wniosek:

#### Katalizator to substancja, która zmienia szybkość reakcji.

Obserwowanymi czynnikami decydującymi o szybkości reakcji są:

- stężenie substratów,
- rodzaj reagentów,
- temperatura,
- katalizator,
- energia aktywacji.

#### Podsumowanie.

Wyposażenie pracowni chemicznej w komputer i różnego typu detektory (czujniki) pozwala na wkraczanie w obszary do tej pory niedostępne dla uczniów. Uczniowie mogą samodzielnie projektować i wykonywać doświadczenia, korzystając z postępów nauki i techniki, jakie dokonały się w ostatnich latach. Użycie komputera, interfejsu i czujników w pracowni chemicznej umożliwia dokładne prześledzenie doświadczeń oraz podnosi efektywność nauczania. Eksperymenty tego typu uatrakcyjniają zajęcia edukacyjne oraz rozwijają umiejętność wykorzystywania nowoczesnych urządzeń komputerowych do pracy na lekcji.

Autorka pracy składa serdeczne podziękowania PDF IF UMK w Toruniu za użyczenie dodatkowego wyposażenia, które umożliwiło przeprowadzenie pomiarów.

## Literatura:

- [1] Praca zbiorowa, Chemia praktyczna dla wszystkich, Wydawnictwo naukowotechniczne NT. Warszawa 1974.
- [2] M. Litwin, Sz. Styko-Wlazło, J.Szymońska, Chemia ogólna i nieorganiczna, Nowa Era, Warszawa 2002.
- [3] K. M. Pazdro, W. Dankiewicz, Chemia, OE Krzysztof Pazdro, Warszawa 2002.

# BADANIE PROCESU FERMENTACJI MLEKA

## Agnieszka Dyszczyńska

# 1. Cele zajęć

# Cele ogólne:

- 1. Uczeń zna zjawiska chemiczne zachodzące w otaczającym go świecie.
- 2. Poznanie przebiegu procesu fermentacji mleka.
- 3. Przedstawienie przebiegu i wyników doświadczenia wspomaganego komputerowo.
- 4. Wykazanie wpływu rodzaju jogurtu na proces fermentacji.

# Cele operacyjne:

# Uczeń:

- zna zjawiska chemiczne zachodzące podczas procesu fermentacji mleka,
- zna definicję i skalę pH,
- wie, co określa wskaźnik pH
- wie co określa wskaźnik O<sub>2</sub>
- potrafi pod kierunkiem nauczyciela zestawić stanowisko pomiarowe,
- potrafi aktywnie uczestniczyć w przeprowadzanym eksperymencie,
- potrafi sprawdzić fakt, że:
  - produktem fermentacji mleka jest kwas mlekowy,
  - proces fermentacji zachodzi pod wpływem bakterii mlekowych,
  - bakterie mlekowe podczas fermentacji pobierają tlen,
- rozumie:
  - na czym polega proces fermentacji mleka,
  - jak przebiega proces fermentacji mleka,
  - od czego zależy proces fermentacji mleka,
- potrafi wykorzystać zdobytą wiedzę w życiu codziennym.

## 6. Metoda pracy

Praktyczne ćwiczenia laboratoryjne wspomagane komputerowo. Dyskusja.

## 7. Forma pracy

Aktywna praca w zespołach 3-osobowych pod kierunkiem prowadzącego, praca zbiorowa.

# 8. Środki dydaktyczne i materiały

- Instrukcja do zadania,
- Sprzęt: kolba miarowa o poj.250 ml, łaźnia wodna, maszynka elektryczna, stojak, zaciski,
- Odczynniki: mleko, jogurt (z żywymi kulturami bakterii), woda.
- Zestaw Coach 5.

# 9. Planowany przebieg zajęć

Przeprowadź pomiary zmian pH i stężenia tlenu podczas fermentacji mleka w temperaturze pokojowej.

#### Podstawy teoretyczne zadania

**Fermentacja**, oddychanie beztlenowe, podczas którego ostatecznym biorcą (akceptorem) <u>elektronów</u> jest związek organiczny, a nie <u>tlen</u> (oddychanie tlenowe).W węższym znaczeniu fermentacja jest beztlenowym rozkładem <u>cukrów</u>, spotykanym wśród <u>bakterii</u>, <u>pleśni</u>, <u>drożdży</u>, roślin i zwierząt. W zależności od produktu końcowego fermentacji występują jej odmiany: np. mlekowa, masłowa, alkoholowa. Zastosowanie w przemyśle piwowarskim, winiarskim i spirytusowym.

#### Fermentacja mlekowa

1. Rola różnych grup bakterii mlekowych w przetwórstwie żywności.

Właściwą fermentację mlekową wywołują bakterie mlekowe zaliczane do rodzajów:

- <u>Streptococcus</u> paciorkowce homofermentatywne (<u>Streptococcus lactis</u> paciorkowiec mlekowy, <u>Streptococcus cremoris</u> paciorkowiec śmietanowy)
- <u>Leuconostoc</u> paciorkowce heterofermentatywne (Leuconostoc citrovorum bywa używany jako dodatek do zakwasów przy wyrobie masła)
- <u>Lactobacillus</u> pałeczki homo- i heterofermentatywne (<u>Lactobacillus bulgaricus</u> pałeczka bułgarska występująca w jogurcie, <u>Lactobacillus viridescens</u> powoduje zielenienie mięsa peklowanego i surowych kiełbas).

Bakterie właściwej fermentacji mlekowej dzieli się na:

- homofermentatywne fermentują cukrowce wytwarzając głównie kwas mlekowy,
- heterofermentatywne fermentują cukrowce wytwarzając obok kwasu mlekowego produkty uboczne

Nie wszystkie gatunki bakterii mlekowych odgrywają rolę dodatnią, niektóre są szkodliwe, a inne nawet chorobotwórcze.

2. Równanie sumaryczne właściwej fermentacji mlekowej:

C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> + bakterie mlekowe	$\rightarrow$	2 CH <sub>3</sub> CHOHCOOH	+ 22,5 kcal
cukier prosty		kwas mlekowy	energia

3. Zastosowanie bakterii mlekowych w przemyśle spożywczym.

- w przemyśle mleczarskim (produkcja napojów mlecznych fermentowanych, ukwaszanie
- mleka, śmietanki, dojrzewanie serów)
- w przemyśle warzywnym (kwaszenie ogórków i kapusty)
- w przemyśle mięsnym (produkcja wędlin surowych, np. metka, salami)
- w przemyśle piekarskim (wchodzą w skład zakwasów chlebowych, używanych przy produkcji pieczywa żytniego).
- 4. Szkodliwe działanie bakterii mlekowych w przemyśle spożywczym:
  - we wszystkich przemysłach opartych na fermentacji alkoholowej (przemysł piwowarski, winiarski, gorzelniczy),
  - w cukrownictwie (powodują śluzowacenie soków dyfuzyjnych),
  - w przemyśle drożdżowym,
  - w przemyśle mięsnym.

5. Obok bakterii właściwej fermentacji mlekowej wyróżnia się bakterie fermentacji pseudomlekowej, jak np.:

- <u>Escherichia coli</u> –pałeczki okrężnicy (wywołują różne wady mleka, wczesne wzdęcie sera, wady masła)

- mikrococi – (wywołują różne wady mleka i serów)

Fermentacja pseudomlekowa charakteryzuje się tym, że kwas mlekowy jest tylko jednym z produktów, a ponadto powstaje szereg innych związków.

#### Część praktyczna

#### Przygotowanie zestawu doświadczalnego.

Do przeprowadzenia doświadczenia będziemy potrzebować:

- 1. kolby stożkowej o poj.250 cm<sup>3</sup> ( o szerokim wlewie),
- 2. łaźni wodnej,
- 3. kuchenki elektrycznej,
- 4. statywu i zacisków,
- 5. 200cm<sup>3</sup> mleka, 10 cm<sup>3</sup> jogurtu różnych producentów,
- 6. zestawu Coach 5 z czujnikiem pH i czujnikiem tlenu,
- 7. komputera typu PC z zainstalowanym oprogramowaniem Coach 5

#### Wykonanie zadania.

Zestaw układ pomiarowy, jak na poniższym rysunku.



komputer

Schemat układu pomiarowego.



Zdjęcie układu pomiarowego.

- 5. W kolbie stożkowej umieść 200 cm<sup>3</sup> mleka i 10 cm<sup>3</sup> jogurtu.
- 6. Podgrzej na kuchence elektrycznej łaźnię wodną do  $35^{\circ}C$  ( $55^{\circ}C$ ).
- 7. Umieść w niej przymocowaną do statywu kolbę z zawartością.
- 8. Podłącz czujniki do rejestratora:
  - czujnik pH do gniazda 1 na interfejsie,
  - czujnik tlenu do gniazda 2 na interfejsie.
- 9. Umieść czujniki w mieszaninie mleka i jogurtu.
- 10. Przygotuj i uruchom pomiar (gotowa jednostka pomiary z chemii/pracownia chemiczna/fermentacja).
- 8. Pomiar prowadzić przez 10 godzin.
- 9. Zapisz wyniki i wydrukuj wykres zależności zmiany pH i stężenia tlenu w czasie.

# Uwaga:

Przed przystąpieniem do pomiaru należy zbadać pH mleka i jogurtu.

# Jeśli którykolwiek z czujników zbliży się do wartości maksymalnie dopuszczalnej, pomiar należy przerwać.

#### Analiza wyników doświadczenia. Odpowiedz na pytania:

- 1. Na co wskazuje wykres zmian pH podczas fermentacji?
- 2. Dlaczego zmienia się pH?
- 3. Na co wskazuje wykres zmian poziomu stężenia tlenu podczas fermentacji?
- 4. Dlaczego zmienia się poziom stężenia tlenu?
- 5. Czy istnieje korelacja między zmianami pH i stężenia tlenu? Jeżeli tak, to jakiego typu jest ta korelacja?

# Wyniki:

# 1. Wyznaczenie wartości pH substratów:

Lp	Substraty	Wartość pH
1	mleko 2% KSM Włocławek	6,4-6,5
2	jogurt naturalny : Danone	4,5
3	jogurt naturalny : KSM Włocławek	4.1
4	jogurt naturalny: Zott	4,2
5	jogurt naturalny: Bakoma	4.2
6	jogurt naturalny: TSM Toruń	4.0

# 2. Zmiany wartości pH i stężenia tlenu podczas fermentacji.

czas (h)	mleko		mleko + danone		mleko + KSM		m	leko + zott		mleko + bakoma	ml	eko + TSM
	pН	stęż.O2 %	pН	stęż.O2 %	pН	stęż.O2 %	pН	stęż.O2 %	pН	stęż.O2 %	pН	stęż.O2 %
0	6,4	52,4	5	32,9	5,1	52,4	5,1	52,4	5,6	20,9	4,4	. 31,3
0,1	6,4	50,2	4,9	25,3	5	37,6	5	37,6	5,7	2,5	4,4	20,3
0,2	6,4	50	5	28,4	- 5	35,5	5	35,5	5,8	27,4	4,5	21,2

0,3	6,4	40,6 5,1	29,6 5,4	40,65,4	40,6 5,5	21,7 4,7	28,6
0,4	6,4	40,8 5,2	31,7 5,5	5 40,8 5,5	40,8 5,3	20,2 4,5	23,5
0,5	6,3	39,6 5,3	32,6 5,3	3 36,6 5,3	36,65,4	25,1 4,5	18,5
0,6	6,3	39,4 5,3	30,5 5,5	5 40,8 5,5	40,8 5,3	23,4 4,6	20,4
0,7	6,3	38,7 5,6	24,65,4	4 38,7 5,4	38,7 5,3	24,6 4,7	26,6
0,8	6,3	38,85,7	27,5 5,4	4 38,85,4	38,85,1	16,74,8	22,4
0,9	6,3	43,25,7	35 5,0	6 43,25,6	43,2 5	13,14,5	9,1
1	6,2	39,5 5	35,35,4	4 39,5 5,4	39,54,9	14,24,6	12,9
1,1	6,2	39,8 5	36,15,4	4 39,8 5,4	39,84,9	18,7 4,5	8,9
1,2	6,2	42,2 5,1	38 5,7	7 44,7 5,7	44,74,6	12,84,7	16,8
1,3	6,2	38,8 5	33,65,4	4 38,85,4	38,84,8	16,94,7	14,8
1,4	6,2	41,75,1	34,45,0	6 41,75,6	41,74,6	13,14,7	11,3
1,5	6,1	42,35,1	27,45,7	43,25,7	43,24,8	20,5 4,5	0,8
1,6	6,1	39,35,2	30,25,5	5 38,95,5	38,94,5	14,84,6	2,3
1,7	6,1	39 5	29,85,0	5 395,6	394,5	14,5 4,6	4
1,8	6,1	41,75,1	29,45,7	42,75,7	42,74,5	14,74,7	8,2
1,9	6.2	39,2 5,1	25,15,5	5 36,15,5	36,15,2	18,3 4,7	3,8
2	6.2	39.6 5.1	27,55,0	5 39,65,6	39,65,3	16,74,5	-0,8
2,1	6.1	41,34,9	23,65,7	7 41,35,7	41,35,2	10,74,4	-2,8
2,2	6.1	36,24,9	23,45,5	5 35,5 5,5	35,55,1	12,94,6	-1,2
2,3	6,1	36.8 4.9	24,95,5	5 35,85,5	35,85,2	13,3 4,4	-3,1
2,4	6.1	42,95,1	27,95,8	43,55,8	43,55,1	12,8 4,6	-0,2
2.5	6.1	42 5.2	29.6 5.7	7 42 5.7	42 5.1	12.3 4.5	-1.5
2,6	6,1	39 5.2	25,95,0	5 395.6	39 5,1	15,8 4,6	4,4
2,7	6.1	38,1 5	30,15,0	5 38,15,6	38,15,1	14,94,4	-2,7
2,8	6	37,95,1	33,15,5	5 37,95,5	37,95,3	16,2 4,5	0
2,9	6	38 5,1	38,35,5	5 38 5,5	38 5,4	17,3 4,3	-2,9
3	6	43,35,1	30,25,7	43,35,7	43,35,2	-11,44,6	4,5
3,1	6	39,14,9	28,25,0	5 39,15,6	39,15,1	3,74,5	1,6
3,2	6	37,5 5,1	33,5 5,5	5 37,5 5,5	37,55,1	6,14,3	-3,4
3,3	6	43,74,9	31,75,8	43,75,8	43,75,2	3,94,5	1,9
3,4	6	37,24,9	32,25,4	4 37,25,4	37,25,3	6,94,5	4,7
3,5	5,9	44,2 4,8	31,25,8	3 44,2 5,8	44,2 5,2	0,6 4,2	-3,3
3,6	5,9	42,9 5	34,3 5,7	7 42,9 5,7	42,9 5,3	8 4,2	-4
3,7	5,9	37,64,8	33,1 5,5	5 37,6 5,5	37,65,3	8,9 4,5	4,8
3,8	6	39,7 4,9	32 5,0	5 39,7 5,6	39,7 5,1	0 4,5	5,4
3,9	6	35,9 4,8	31 5,4	4 35,9 5,4	35,9 5,2	5 4,1	-3,9
4	6	39,7 4,9	31,7 5,7	7 39,7 5,7	39,7 5,1	4,2 4,3	-1,4
4,1	6	40,7 4,8	31 5,7	7 40,7 5,7	40,7 5	3,8 4,3	0,4
4,2	6	41,2 4,9	32,5 5,7	41,25,7	41,2 5	2,6 4,1	-2,7
4,3	5,9	37,9 4,8	30,3 5,0	5 37,9 5,6	37,95,1	2,4 4,2	-1,7
4,4	5,9	36,2 5,1	35,8 5,5	5 36,2 5,5	36,2 5	0,5 4	-3,4
4,5	5,9	35,4 5	35,65,5	5 35,4 5,5	35,4 5	-2,1 4,3	2,8
4,6	5,9	34,5 4,9	33,9 5,5	5 34,5 5,5	34,5 5,3	-7,4 4	-3,6
4,7	5,9	34,14,8	30,5 5,4	4 34,15,4	34,14,9	-5,3 4,3	5
4,8	5,8	38,44,8	29,95,7	7 38,45,7	38,44,8	-5,44,1	-3,1
4,9	5,8	39,2 5	35,95,7	39,25,7	39,24,9	0,5 4	-3
5	5,8	37,64,9	33,1 5,7	7 37,6 5,7	37,65,1	5 4	-1,5
5,1	5,8	37 5	36,3 5,0	5 37 5,6	37 5,1	5,9 4	0
5,2	5,9	39,8 4,7	28,9 5,7	7 39,8 5,7	39,8 5	0,8 4,2	5,2

5,3	5,9	33,34,8	30 5,4	33,3 5,4	33,3 5,1	4,73,8	-3,8
5,4	5,9	34,2 5	34 5,4	34,2 5,4	34,2 5,1	3,7 3,8	-3,6
5,5	5,9	35,5 5	36,4 5,6	35,5 5,6	35,5 5,2	4,6 4	0,1
5,6	5,9	40,2 5	35,2 5,7	40,2 5,7	40,2 4,9	-1,5 4	1,1
5,7	5,8	35,4 4,7	28,1 5,6	35,4 5,6	35,4 4,9	-1,8 4	5,2
5,8	5,8	34,3 4,9	32,1 5,5	34,3 5,5	34,3 5,1	2,8 4	4,6
5,9	5,8	33,8 4,7	28,6 5,4	33,8 5,4	33,8 5,1	1,6 3,9	-1,7
6	5,8	38,2 4,9	32,2 5,7	38,2 5,7	38,2 5,1	-0,7 3,8	-2,5
6,1	5,8	36,7 4,9	32,5 5,7	36,7 5,7	36,7 5	-3,73,7	-3,8
6,2	5,8	35 4,7	28,2 5,6	35 5,6	35 5,1	-2,5 3,6	-3,6
6,3	5,8	37 4,7	27,2 5,7	37 5,7	37 5,2	-0,5 4	5,4
6,4	5,8	35,5 4,7	27,6 5,7	35,5 5,7	35,5 5,1	-2,7 3,7	-2,7
6,5	5,7	29,64,7	27,4 5,4	29,6 5,4	29,6 5,1	-5,5 3,8	2,3
6,6	5,7	33,3 4,7	27,4 5,6	33,3 5,6	33,3 5,1	-4,63,6	-2,8
6,7	5,7	30,8 4,8	30,6 5,4	30,8 5,4	30,8 5	-4,1 3,8	0,2
6,8	5,6	35,1 4,7	29,8 5,7	35,1 5,7	35,1 5,2	3,93,6	-3,4
6,9	5,6	28,6 4,9	34,4 5,4	28,6 5,4	28,6 4,9	-7,4 3,6	-2,5
7	5,5	33,4 4,8	31,1 5,6	33,4 5,6	33,4 5,2	-1,5 3,8	4,4
7,1	5,5	30,2 4,8	31,4 5,5	30,2 5,5	30,2 4,9	-7,9 3,6	-2,1
7,2	5,5	27,7 4,7	29,4 5,4	27,7 5,4	27,7 5,2	-2,9 3,7	-1,4
7,3	5,5	34,4 4,8	30,1 5,7	34,4 5,7	34,4 5,2	-4,5 3,7	3,1
7,4	5,5	29,5 4,8	29 5,5	29,5 5,5	29,5 5,2	-4,4 3,7	-0,6
7,5	5,5	28,9 4,8	31,6 5,5	28,9 5,5	28,9 5,2	-0,5 3,6	0,6
7,6	5,4	28,7 4,7	28 5,5	28,7 5,5	28,7 5	-5,3 3,5	-2,9
7,7	5,4	26,3 4,7	28,1 5,4	26,3 5,4	26,3 5,1	-2 3,4	-3
7,8	5,4	24,64,7	27,7 5,4	24,6 5,4	24,6 5,2	1,73,7	4,5
7,9	5,3	27,64,7	27,3 5,6	27,6 5,6	27,6 5,1	-1,4 3,5	-2,8
8	5,3	24,1 4,9	31,8 5,4	24,1 5,4	24,1 5,2	3,7 3,5	-4,1
8,1	5,2	23 4,9	33,9 5,4	23 5,4	23 5	-1,5 3,4	-3,8
8,2	5,2	22,3 4,8	29,9 5,4	22,3 5,4	22,3 5,1	-2,2 3,5	-1,2
8,3	5,2	21,5 4,9	31,2 5,4	21,5 5,4	21,5 5,2	4,3 3,4	-3,5
8,4	5,3	27,1 4,9	31,7 5,7	27,1 5,7	27,1 5,1	-0,8 3,5	-0,1
8,5	5,3	19,5 4,9	31,8 5,4	19,5 5,4	19,5 5	-2,7 3,7	4,6
8,6	5,3	18,8 5	32,8 5,4	18,8 5,4	18,8 5	-2,5 3,4	-3,9
8,7	5,4	20,64,8	27,3 5,6	20,6 5,6	20,6 5,2	4,93,4	-3,5
8,8	5,4	21,24,8	28,6 5,6	21,2 5,6	21,2 5,2	4,73,6	0,2
8,9	5,4	16,24,6	25,6 5,4	16,2 5,4	16,2 5,1	-0,1 3,5	-0,7
9	5,3	14,7 4,9	30,6 5,4	14,7 5,4	14,7 5,1	0,63,5	-2,9
9,1	5,3	19,7 4,9	29,9 5,6	19,7 5,6	19,7 5,2	4,63,7	2,2
9,2	5,3	194,8	26,2 5,6	19 5,6	19 5,1	-0,1 3,5	-3,5
9,3	5,3	17,74,9	27,3 5,6	17,75,6	17,7 5	-1,73,6	0,7
9,4	5,2	16,14,9	29,9 5,6	16,1 5,6	16,1 5,2	4,73,7	5,1
9,5	5,2	13,6 4,9	30 5,5	13,6 5,5	13,6 5,2	4,13,5	-0,3
9,6	5,2	8,14,6	24 5,3	8,1 5,3	8,1 5	-1,2 3,4	-3,7
9,7	5,2	10,3 4,7	26 5,5	10,3 5,5	10,3 4,8	-4,13,4	-3,8
9,8	5,1	6 5	30,3 5,3	6 5,3	6 4,8	-4,5 3,6	4,3
9,9	5,1	7,5 4,6	23,3 5,5	7,5 5,5	7,5 5	-2,5 3,6	0,8
10	5,1	4,3 4,6	22,4 5,5	4,3 5,5	4,3 5	-1,93,7	5,5





#### Omówienie.

Podczas fermentacji mleka bakterie znajdujące się w jogurcie zamieniają laktozę w kwas mlekowy. Kwas mlekowy przekształca proteiny mleka w substancję stałą. W procesie bakterie wykorzystują tlen i obniżają pH mleka.

Proces fermentacji mleka prowadzony był w temperaturze pokojowej. Do reakcji użyte zostało mleko: 2% KSM Włocławek oraz 5 jogurtów naturalnych różnych producentów:

- 1. Danone,
- 2. 2. KSM Włocławek,
- 3. 3. Zott,
- 4. Bakoma,
- 5. TSM Toruń.

10 razy na godzinę prowadzone były odczyty czujników: pH i stężenia tlenu. Pomiar trwał 10 godzin.

#### Dyskusja wyników i wnioski

Podczas reakcji we wszystkich próbkach nastąpiło obniżenie wartości pH i stężenia O<sub>2</sub> %, co pozwala nam stwierdzić, że w procesie fermentacji mleka cukier przekształca się w kwas, a bakterie zużywają tlen do namnażania się.

Zmniejszenie się (w niewielkich granicach) wartości pH i stężenia  $O_2$  % w próbkach o numerach 1, 2 i 3 może być powodem do przypuszczeń, że bakterie mlekowe występowały w małych stężeniach, a przeważały bakterie pseudomlekowe.

W próbce numer 4 i 5 spadek stężenia  $O_2$ % był gwałtowny co można wytłumaczyć dużym wzrostem ilości bakterii tlenowych. W próbkach tych nastąpił również największy spadek wartości pH, co świadczy o wzroście stężenia kwasu mlekowego będącego produktem fermentacji mleka .

Ponieważ proces nie jest prowadzony w warunkach sterylnych do badanego roztworu mogą przedostać się bakterie pseudomlekowe. Można przypuszczać, że zmieniają one wyniki doświadczeń.

#### Literatura:

- [1] Praca zbiorowa, Chemia praktyczna dla wszystkich, Wydawnictwo naukowotechniczne NT. Warszawa 1974.
- [2] Encyklopedia multimedialna "wiem"
- [3] Źródła internetowe
- [4] M. Litwin, Sz. Styko-Wlazło, J.Szymońska, chemia organiczna, Nowa Era, 2003
# BADANIE WPŁYWU NIEKTÓRYCH LEKÓW NA PH SOKU ŻOŁĄDKOWEGO

Agnieszka Dyszczyńska

# 1. Cele zajęć

# Cele ogólne:

- 1. Poznanie zjawisk chemicznych zachodzących podczas procesu trawienia.
- 2. Przedstawienie przebiegu i wyników doświadczenia wspomaganego komputerowo.
- 3. Wykazanie wpływu pH na właściwy proces trawienia.
- 4. Poznanie zależności właściwości wody w zależności od jej pH.

# Cele operacyjne: Uczeń:

- zna definicję i skalę pH,
- wie, co określa wskaźnik pH,
- zna przebieg procesu trawienia,
- potrafi zdefiniować pojęcia: trawienie, hydroliza,
- potrafi wyjaśnić wpływ pH na proces trawienia,
- potrafi uzasadnić niezbędność procesu trawienia,
- potrafi analizować przemiany, jakim podlegają proste składniki pokarmowe w żołądku,
- potrafi pod kierunkiem nauczyciela zestawić stanowisko pomiarowe,
- potrafi aktywnie uczestniczyć w przeprowadzanym eksperymencie,
- potrafi sprawdzić fakt, że:
  - leki wpływają na pH soku żołądkowego,
- rozumie że:
  - nadmierne stosowanie leków może doprowadzić do wielu chorób,
  - stosowanie leków na niedokwaśność soku żołądkowego pomaga w procesie trawienia i uzyskiwania substancji koniecznych do życia,
  - stosowanie leków na nadkwaśność soku żołądkowego chroni go przed samostrawieniem ścian żołądka, chorobie wrzodowej itp.
  - im mniejsza wartość pH wody, tym woda bardziej kwaśna.
- ma świadomość negatywnego wpływu: alkoholu, nikotyny i innych substancji na przebieg trawienia,

## 2. Metoda pracy

Praktyczne ćwiczenia laboratoryjne wspomagane komputerowo. Dyskusja

# 3. Forma pracy

Aktywna praca w zespołach 3-osobowych pod kierunkiem prowadzącego, praca zbiorowa.

# 4. Środki dydaktyczne i materiały

- Instrukcja do zadania,
- Sprzęt: kolba miarowa o poj.150 ml, stojak, zaciski,
- Odczynniki: cola, leki, woda z różnych źródeł.
- Zestaw Coach 5.

# 5. Planowany przebieg zajęć

## Podstawy teoretyczne zadania.

Organizm człowieka potrzebuje materiałów do budowy i odnowy własnych tkanek oraz substancji energetycznych służących do podtrzymywania wszelkich procesów życiowych. Ich

źródłem jest spożywany pokarm. Budowa związków chemicznych stanowiących składniki pokarmowe nie pozwala na ich bezpośrednie wykorzystanie przez organizm. Pokarm musi, więc być poddany działaniu czynników mechanicznych i chemicznych, aby stał się przyswajalny dla komórek. Nie wszystko, co człowiek zjada, jest wykorzystywane przez organizm. Pozostają resztki, które układ pokarmowy musi dokładnie oddzielić i usunąć.

Poszczególne odcinki **przewodu pokarmowego** (jama ustna, gardło, przełyk, żołądek, jelito cienki i jelito grube zakończone odbytem) są wyspecjalizowane w pełnieniu określonych funkcji, ponadto ich funkcjonowanie jest dodatkowo wspomagane działaniem **gruczołów** ślinowych, wątroby i trzustki. Razem tworzą **układ pokarmowy.** 

### Żołądek

Narząd ten jest zbiornikiem pokarmu i pełni funkcję trawienną. Ma kształt worka. Część przełyku to wpust żołądka. Maksymalna pojemność żołądka dorosłego człowieka wynosi 2,5 l. Ścianę żołądka tworzy kilka warstw, m.in. mięśniowa i śluzowa. Już na oglądanej w niewielkim powiększeniu powierzchni błony śluzowej można dostrzec ujścia gruczołów żołądkowych. W żołądku występują dwa typy gruczołów. Pierwszy z nich wytwarza **sok żołądkowy.** Żołądek odgrywa również rolę sterylizatora, ponieważ kwas solny zabija wiele bakterii połkniętych razem z pożywieniem. Komórki drugiego typu gruczołów żołądkowych wydzielają śluz, który tworzy warstwę chroniącą ściany żołądka przed samo strawieniem, dodatkowo zmniejsza tarcie przy przesuwaniu pokarmu.

Jakim przemianom podlega kęs pokarmu, który dotarł do żołądka?

W żołądki, w skutek energicznych skurczów jego dobrze umięśnionej ściany, kończy się rozdrabnianie mechaniczne pokarmu, który, wymieszany z sokiem żołądkowym, uzyskuje konsystencję płynnej papki. Wydzieliny gruczołów żołądkowych umożliwiają wchłanianie i wykorzystanie witaminy  $B_{12}$  oraz uwalniają proenzym – **pepsynogen**, który w obecności kwasu przekształca się w **pepsynę**, główny enzym trawiący białka w żołądku. Działanie pepsyny polega na rozerwaniu niektórych wiązań peptydowych, w wyniku czego następuje podział związków złożonych – białek – do krótszych łańcuchów polipeptydowych.

W żołądku trawienie skrobi zachodzi do momentu, gdy kwas (pH 2-4) zneutralizuje działanie ptialiny (amylazy ślinowej).

W efekcie powstaje tzw. papka pokarmowa o płynnej konsystencji. Po kilku godzinach papka pokarmowa przesuwa się powoli w stronę ujścia żołądka (odźwiernika) i przedostaje do jelita cienkiego.

Sok żołądkowy, substancja wydzielana przez gruczoły trawienne żołądka w ilości ok. 1,5 l na dobę. Najważniejszymi składnikami soku żołądkowego są: kwas solny, pepsynogen, pepsyna (enzym trawiący białko) oraz śluz. Na czczo w żołądku znajduje się niewiele soku, zjawia się on w większej ilości dopiero pod wpływem odpowiednich bodźców pokarmowych, psychonerwowych, chemicznych i hormonalnych. Ocena wydolności wydzielania soku żołądkowego ma duże znaczenie kliniczne, oznacza się ilość soku na czczo i wydzielanie podczas 1 godziny oraz jego kwaśność. Nadkwaśność soku żołądkowego, nadkwasota, nadmiernie wysoka zawartość kwasu solnego w soku żołądkowym, przekraczająca 20 mmol HCl wydzielanego w ciągu 1 godz. Objaw ten często występuje w chorobie wrzodowej żołądka i dwunastnicy, niekiedy także w nerwicy, a poza tym w początkowym okresie

przewlekłego zapalenia żołądka, w ostrym zapaleniu żołądka spowodowanym używaniem nadmiernej ilości <u>salicylanów</u> lub alkoholu, a także u osób nadużywających mocnej herbaty i kawy, palaczy tytoniu oraz u chorych leczonych kortykosterydami (<u>hormony kory</u> <u>nadnerczy</u>). Objawy: zgaga, bóle w nadbrzuszu. Leczenie: odpowiednia dieta, środki alkalizujące (Malox, Alugastrin), preparaty zmniejszające wydzielanie soku żołądkowego (Ranigast, Famotydyna), a poza tym leczenie choroby podstawowej.

Niedokwaśność soku żołądkowego, niedobór <u>kwasu solnego</u> w <u>soku żołądkowym</u> na skutek znacznego ubytku masy gruczołowej żołądka (szczególnie komórek okładzinowych produkujących kwas solny).Występuje u osób po resekcji żołądka całkowitej lub częściowej (np. z powodu raka żołądka), po przecięciu nerwu błędnego (unerwiającego gruczoły żołądkowe), w przewlekłym alkoholizmie i nieżycie żołądka, raku żołądka, niedokrwistości złośliwej, niedokrwistości spowodowanej niedoborem żelaza, w awitaminozach, nadczynności tarczycy i niedoczynności przysadki mózgowej. Objawy m.in.: niestrawność, biegunki, brak apetytu. Występowanie niedokwaśności soku żołądkowego jest związane z wiekiem, u osób starszych jest ona znacznie częstsza.

## Część praktyczna

## Przeprowadź pomiary zmiany pH coli po dodaniu leku w przeciągu 10 godzin.

Badania prowadzimy przy użyciu coli ponieważ jej pH jest zbliżone do pH soku żołądkowego.

### Przygotowanie zestawu doświadczalnego.

Do przeprowadzenia doświadczenia będziemy potrzebować:

- 1. kolby stożkowej o poj.150 cm<sup>3</sup> ( o szerokim wlewie),
- 2. statywu i zacisk,
- 3.  $100 \text{ cm}^3$  coli,
- 4. leki,
- 5. zestawu Coach 5 z czujnikiem pH,
- 6. komputera typu PC z zainstalowanym oprogramowaniem Coach 5

### Wykonanie zadania.

1. Zestaw pomiarowy, jak na poniższym zdjęciu.



- 2. Podłącz czujnik do rejestratora: czujnik pH do gniazda 1 na interfejsie.
- 3. W kolbie stożkowej umieść 100 cm<sup>3</sup> coli.
- 4. Umieść czujnik w coli.
- 5. Dokonaj pomiaru pH coli.
- 6. Umieść w kolbce jedną tabletkę.
- 7. Umieść czujnik w mieszaninie coli i leku.
- 8. Dokonaj ponownego pomiaru pH po upływie: 15 min., 1h, 3h, 6h oraz 10h.
- 9. Zapisz wyniki pH na początku i końcu doświadczenia.
- 10. Wyznacz  $\Delta$  pH.

### Uwaga:

Zakres czujnika jest następujący: Czujniki pH (030&+031) (CMA): 0..14

## Jeśli czujnik zbliży się do wartości maksymalnie dopuszczalnej, pomiar należy przerwać.

Leki stosowane w celu usunięcia objawów związanych z nadkwaśnością:

Lp	nazwa leku	pH coli	pH coli + leku			ΔpH		
			15min	1h	3h	6h	10h	
1	rennie	2,3	4,0	4,6	5,0	5,3	5,7	3,4
2	maalox	2,3	2,5	2,7	2,6	2,8	3,0	0,7
3	ranigast	2,3	2,5	2,6	2,5	2,6	2,8	0,5
4	famidyna	2,3	2,6	2,6	2,7	3,0	3,3	1,0
5	alka-seltzer	2,3	6,0	6,2	6,2	6,5	7,1	4,8
6	ulgamax	2,3	3,4	4,7	5,3	6,0	6,8	4,5
7	riflux	2,3	6,2	6,4	6,5	6,5	6,8	4,5
8	manti	2,3	2,5	2,7	5,0	6,2	6,4	4,1
9	krople żołądkowe	2,3	2,5	2,5	2,2	2,6	2,7	0,4

#### Zmiany pH coli w czasie po dodaniu leku



Lp	nazwa leku	pH coli	pH coli + leku				ΔpH	
			15min	1h	3h	6h	10h	
1	polopiryna S	2,5	3,3	3,4	3,6	3,5	3,5	1,0
2	tabletki "+"	2,5	2,4	2,2	2,3	2,5	2,5	0,0
3	panadol	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	0,0
4	aleve	2,5	2,2	2,3	2,7	3,8	4,6	2,1
5	codipar	2,5	2,4	2,3	2,2	2,2	2,5	0,0
6	spasmolina	2,5	2,1	2,2	2,5	2,3	2,6	0,1
7	nospa	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,1	- 0,4
8	aulin	2,5	2,6	2,4	2,3	2,3	2,4	0,1
9	naproxen	2,5	2,3	2,3	2,4	2,3	2,3	- 0,2
10	garden	2,5	2,5	2,5	2,5	2,7	2,9	0,2

# Leki stosowane w celu usunięcia objawów bólu:







# Przeprowadź pomiary pH zgromadzonej próbek wody pochodzących z różnych źródeł.

## Uwaga:

Zestaw pomiarowy i procedura pomiarowa jak w poprzednim doświadczeniu.





Omówienie wyników i wnioski.

Podczas reakcji badanych leków na symulowany sok żołądkowy we wszystkich próbkach nastąpiła zmiana pH. Przy stosowaniu leków na nadkwaśność najmniejszy wpływ na zmiany pH mają leki: maalox, ranigast, famidyna oraz krople żołądkowe. Natomiast manti zaczyna obniżać pH coli dopiero po upływie 1 godziny. Rennie i alk-seltzer działają szybko, obrazuje tę zależność duże nachylenie krzywej obrazującej zależność pH w funkcji czasu w ciągu 15 minut. Po upływie tego czasu następuje stabilizacja we wzroście pH. Największą zmianę pH obserwujemy przy zastosowaniurennie, alka-selter, ulamax i rifluks.

Przy stosowaniu większości leków przeciwbólowych nie obserwuje się gwałtownych zmian pH, co sugeruje, że stosowanie ich jest bezpieczne. Natomiast gwałtowny wzrost pH coli po upływie 15 minut obserwujemy po dodaniu polopiryny S, w dalszej części następuje stabilizacja zmiany pH. Gwałtowny wzrost pH coli nastąpił po upływie 3 godzin po dodaniu aleve i do końca doświadczenia wzrastał. Dla tabletki "+", panadolu i codiparu zmiany zauważone są w granicach błędu. Największą zmianę pH coli po upływie trzech godzin wykazała próbka zawierająca aleve.

Czas badania został dobrany eksperymentalnie. Wybrano 10 godzin, ponieważ poziom pH ustalił się w tym czasie na określonym poziomie.

W związku z pojawiającą się dużą ilością nowych leków na rynku farmaceutycznym dzięki zastosowaniom metody wspomagania komputerowego pomiarów nauczyciel wraz z uczniami może bezpośrednio weryfikować przydatność tych leków do celów leczniczych.

Wyniki drugiego doświadczenia pokazują nam, z jakiego źródła powinniśmy czerpać wodę pitną, aby złagodzić efekty nadkwaśności soku żołądkowego.

#### Literatura:

- [1] W. Lewiński, J. Prokop, G. Skirmutt, J. Walkiewicz, Biologia1, Wydawnictwo Pedagogiczne OPERON.Rumia 2002.
- [2] Praca zbiorowa, Chemia praktyczna dla wszystkich, Wydawnictwo naukowotechniczne NT. Warszawa 1974.
- [3] Praca zbiorowa, Mała encyklopedia zdrowia, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1973.
- [4] Encyklopedia multimedialna "Wiem".

# MONITOROWANIE FOTOSYNTEZY I ODDYCHANIA ROŚLIN Piotr Felski, Krzysztof Służewski

Celem tego opracowania jest pokazanie przebiegu i wyników cyklu doświadczeń wspomaganych komputerowo, oraz ich wykorzystania w gimnazjum, a w szczególności na lekcjach biologii. Eksperymenty dotyczą badania zmian stężenia tlenu i dwutlenku węgla w zależności od oświetlenia w izolowanych uprawach kukurydzy.

### Cele ogólne:

- 1. Przedstawienie przebiegu i wyników cyklu doświadczeń wspomaganych komputerowo oraz sposobu ich wykorzystania na lekcjach biologii w gimnazjum.
- 2. Pokazanie zależności między fotosyntezą, oddychaniem i czynnikami środowiska z wykorzystaniem automatycznego komputerowego rejestratora danych.

## Cele operacyjne:

Uczeń:

- planuje badania fotosyntezy i oddychania u roślin w zależności od oświetlenia w izolowanych uprawach kukurydzy,
- odczytuje i interpretuje otrzymane wykresy,
- formułuje wnioski o substratach i produktach,
- podaje informację, że rośliny oddychają zarówno w nocy, jak i w ciągu dnia,
- podaje czynniki wpływające na tempo oddychania y roślin,
- wymienia czynniki limitujące przebieg fotosyntezy,
- definiuje świetlny punkt kompensacyjny, wiąże go ze stanem równowagi dynamicznej,
- formułuje prawo minimum Liebiga.

### Stosowane przyrządy i materiały:

czujnik stężenia tlenu wraz z rejestratorem danych i światłomierzem firmy LOGIT czujnik stężenia dwutlenku węgla wraz z rejestratorem danych firmy LEYBOLD.

oprogramowanie niezbędne do rejestracji danych (INSIGHT i CASSYLAB) dołączone do aparatury.

Butelka plastikowa (tzw. PET) o pojemności ok. 1,5-2,51 Ziemia do kwiatów Nasiona kukurydzy Taśma izolacyjna plastikowa Plastelina Arkusz kalkulacyjny (np. EXCEL firmy MICROSOFT).

## Badane zjawiska

Fotosyntezę można zdefiniować jako syntezę związków organicznych z prostych substancji mineralnych przy udziale energii świetlnej. Rośliny zielone wymagają zaopatrzenia jedynie w wodę, dwutlenek węgla i sole mineralne. Fotosynteza jest najważniejszym procesem biochemicznym w przyrodzie, ponieważ dzięki niemu gromadzi się energia chemiczna w postaci węglowodanów, białek, lipidów i innych związków organicznych, które służą jako podstawowe źródło energii i budulca dla pozostałych organizmów.

Proces fotosyntezy jest przedstawiany zwykle w postaci prostego równania:

$$6\mathrm{CO}_2\text{+}6\mathrm{H}_2\mathrm{O} \rightarrow \ \mathrm{C}_6\mathrm{H}_{12}\mathrm{O}_6\text{+}6\mathrm{O}_2$$

Proces ten zachodzi w chloroplastach i jest w rzeczywistości dużo bardziej skomplikowany niż przedstawione równanie obrazujące jedynie stan początkowy i (w dużym uproszczeniu) końcowy procesu. Pod względem chemizmu fotosyntezy rośliny można podzielić na dwie grupy:

-*Rośliny C3*, w których dwutlenek węgla wiązany jest podczas fotosyntezy w cyklu Calvina: są to na ogół rośliny strefy umiarkowanej.

-*Rośliny C4*, w których dwutlenek węgla wiązany jest podczas fotosyntezy w cyklu kwasów dwukarboksylowych. Rośliny te charakteryzują się wysoką wydajnością fotosyntetyczną oraz zdolnością do wyczerpywania dwutlenku węgla z otaczającej je atmosfery do bardzo niskiego stężenia.. O wyborze kukurydzy zdecydowało kilka czynników: przynależność do roślin cyklu C4. [1,2]. dostępność nasion o każdej porze roku (kiełkują nawet te na popcorn), szybki wzrost i łatwość uprawy.

Czynnikami zewnętrznymi, które wywierają największy wpływ na aktywność fotosyntetyczną roślin są światło, stężenie dwutlenku węgla, temperatura oraz dostępność wody.

Oddychanie polega na procesach rozkładu złożonych substancji organicznych na prostsze związki z uwalnianiem energii w formie użytkowej.

Oddychanie tlenowe (właściwe) polega na całkowitym utlenieniu substratu kosztem tlenu atmosferycznego na dwutlenek węgla i wodę.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6H_2O + energia$$

Równanie to jest odwróceniem ogólnego równania fotosyntezy. Oddychanie tlenowe jest zasadniczym typem oddychania, przebiegającym w normalnych warunkach we wszystkich komórkach roślin wyższych.

Pomiar intensywności oddychania opiera się zwykle na oznaczaniu ilości wydzielanego dwutlenku węgla, ilości zużytego tlenu lub ilości utlenionego substratu. Intensywność oddychania jest w normalnych warunkach proporcjonalna do potrzeb energetycznych komórki, a zatem do zapotrzebowania na ATP. Jest ona nieustannie dostosowywana do aktualnych potrzeb za pomocą skomplikowanych systemów samoregulujących, działających na zasadzie sprzężeń zwrotnych.

oddechowe przebiegają mitochondriach Ponieważ procesy W rozmieszczonych w cytoplazmie komórek, zatem tkanki o większej zawartości cytoplazmy i mitochondriów wykazują większe natężenie oddychania. Najintensywniej oddychają tkanki merystematyczne, ponieważ zawartość cytoplazmy, a także potrzeby energetyczne są u nich szczególnie duże. Liczne bowiem reakcje biosyntetyczne rosnących komórek wymagają ATP w ilościach przekraczających normalne zapotrzebowanie. Tkanki dojrzale zawierają zwykle mniej cytoplazmy, a więcej składników nieaktywnych (ścian komórkowych i wakuoli), wskutek czego intensywność oddychania tych tkanek, w przeliczeniu na jednostkę ciężaru, jest słabsza niż w tkankach merystematycznych. Tkanki organów starzejących się (np. żółknące liście i dojrzewające owoce) posiadają jeszcze mniej cytoplazmy oraz niewielkie potrzeby energetyczne i w związku z tym oddychają jeszcze słabiej. Często w końcowym okresie starzenia się liści i owoców można zaobserwować nagły wzrost oddychania (tzw. stadium klimakteryczne Jest on oznaką zaburzeń w funkcjonowaniu mechanizmów regulujących i co za tym idzie w przemianie materii; Najniższą intensywność oddychania wykazują suche nasiona i zarodniki. Przyczyna tego leży jednak nie tyle w małej zawartości cytoplazmy, ile w słabym. jej uwodnieniu.

Ponadto na intensywność oddychania wpływają takie czynniki zewnętrzne, jak temperatura, stężenie tlenu, stężenie dwutlenku węgla, woda, światło, urazy mechaniczne, stymulatory i inhibitory oddychania [2].

### Przygotowanie doświadczenia

Przed planowanymi eksperymentami przygotuj uprawę kukurydzy, którą będzie można hermetycznie zamknąć.

- 1.Butelkę przetnij na wysokości 8-9 cm. Następnie ostrożnie zagnij nad palnikiem brzegi dolnej części do wewnątrz, tak aby część górna dała się na nią nasunąć na ok. 2cm (rys.1).
- 2. W zakrętce butelki wywierć otwór o wielkości odpowiadającej średnicy czujnika.

3. Przygotuj podłoże; ziemię do kwiatów wypraż w temperaturze 105<sup>O</sup>C w celu usunięcia fauny glebowej. Jej obecność wpływałaby na zmiany stężenia CO<sub>2</sub>.

4. Po umieszczeniu 5cm warstwy ziemi w dolnej części butelki wysiej 25-30 ziaren kukurydzy na głębokość do 1cm. Przy podlewaniu uważaj, aby nie zalać nasion, ponieważ pojemnik jest bez odpływu. Po około dwóch tygodniach, gdy siewki osiągną wys. 12-15cm, możesz zmontować zestaw.

- 5. Czujnik umieść w otworze nakrętki i uszczelnij plasteliną.
- 6. Na uprawę nasuń górną część butelki i szczelnie zaklej taśmą izolacyjną (rys.2).



Rys.1

Rys.2 Schemat zestawu do doświadczeń

## Uwagi :



Jeżeli chcesz jednocześnie mierzyć stężenie tlenu i dwutlenku węgla, musisz zastosować butelkę z szerszą zakrętką (rys. obok) lub umieścić dodatkowy czujnik w ścianie butelki.

Para wodna, która skrapla się w uprawie, może powodować czasami zakłócenia pracy czujników tlenu. Gdy para skropli się na elektrodzie, czujnik mierzy stężenie tlenu w kropli wody, a wartości podawane są w mg/l. Nadmiernemu skraplaniu się pary wodnej można zapobiec nie podlewając roślin bezpośrednio przed doświadczeniami. W przypadku wystawienia roślin na bezpośrednie działanie promieni słonecznych należy osłonić część butelki zawierającą podłoże; zapobiegnie to nadmiernemu ogrzaniu się ziemi, parowaniu wody i jej skraplaniu na ściance butelki i na czujnikach.

### Wykonanie doświadczenia 1 (monitorowanie oddychania)

Zestaw z czujnikami tlenu i dwutlenku węgla umieść w ciemności na ok. dwie godziny, ustawiając interwał rejestracji danych na dwie minuty. Uzyskane dane przenieś ·do arkusza kalkulacyjnego Excel i sporządź wykres (niestandardowy, z dwiema osiami Y za pomocą kreatora wykresów).

### Dyskusja wyników i wnioski

Do przykładowej analizy wyników posłużę się wykresami z wcześnie wykonanych doświadczeń [3]. Do danych pomiarowych stężenia tlenu zastosowano metodę regresji liniowej ( w kreatorze wykresów polecenie "dodaj linię trendu"). Po opracowaniu danych powstały **wykres 1** poddano analizie podczas lekcji. Pozwala to uczniom na samodzielne sformułowanie wniosku, że rośliny oddychają w ciemności. Wykres umożliwia uczniom prześledzenie zmian ilościowych tlenu i dwutlenku węgla, rośliny oddychając pobierają  $O_2$  i wydzielają  $CO_2$  w stosunku 1:1.

Doświadczenie można powtórzyć przy słabym oświetleniu (np. ok. 700Lx). Wynik będzie



podobny (wykres nieznacznie "spłaszczony"), co udowadnia, że rośliny oddychają także w ciągu dnia. Na tym samym zestawie wzbogaconym o rejestrator temperatury można badać wpływ temperatury na tempo (intensywność) oddychania, umieszczając zestaw w mieszaninie wody i lodu, a następnie w łaźni wodnej o temp. 30,40 i 50 °C.

# Doświadczenie 2 (monitorowanie fotosyntezy)

Do przeprowadzenia doświadczeń z monitorowaniem fotosyntezy wybierz dni słoneczne.

Zestaw z czujnikiem tlenu i światłomierzem umieść na parapecie okna na 72 godziny ustawiając interwał rejestracji danych na dwie minuty. Uzyskane dane przenieś do arkusza kalkulacyjnego Excel i sporządź wykres (za pomocą kreatora wykresów, niestandardowy, z dwiema osiami Y.)

### Dyskusja wyników i wnioski

Zamieszczony poniżej wykres 2 ilustruje wyniki rejestracji [3]. W ciągu pierwszych dwóch godzin pomiaru obserwujemy wahania stężenia tlenu, następne dziesięć godzin rejestracji

przynosi wyraźny spadek stężenia tlenu, co udowadnia przewagę wiązania tlenu w procesie oddychania nad jego uwalnianiem podczas fotosyntezy przy słabym oświetleniu. Po wschodzie Słońca (20 godzina pomiarów) i zwiększeniu wartości natężenia światła powyżej 3000Lx obserwujemy wzrost stężenia tlenu. Pozwala to na wprowadzenie pojęcia świetlnego punktu kompensacyjnego, gdzie procesy wydzielania tlenu w procesie fotosyntezy i jego wiązania w procesie oddychania osiągają stan równowagi. Dla natężenia światła powyżej tego punktu obserwujemy wzrost stężenia tlenu.

Istotne jest także to, że wzrost stężenia tlenu jest ograniczony; czynnikiem ograniczającym (limitującym fotosyntezę) jest wyczerpujący się w uprawie dwutlenek węgla.

Po spadku wartości natężenia światła poniżej punktu kompensacyjnego obserwujemy spadek stężenia tlenu.



Pomiar stężenia dwutlenku węgla w tym doświadczeniu nie jest konieczny, gdyż uczniowie po doświadczeniu pierwszym doskonale wiążą spadek stężenia tlenu ze wzrostem stężenia dwutlenku węgla i odwrotnie.

# Wnioski

Wyposażenie pracowni biologicznej w detektory i czujniki pozwala na wkraczanie w obszary do tej pory niedostępne dla uczniów. Mogą samodzielnie projektować i wykonywać doświadczenia, korzystając z najnowszych osiągnięć nauki i techniki. Szkoła staje się dla ucznia atrakcyjna.

Użycie komputera i elektroniki w pracowni biologicznej umożliwia dokładne prześledzenie długotrwałych doświadczeń w czasie rzeczywistym oraz podnosi efektywność pracy, automatyzując rejestrację danych i skracając czas ich opracowania.

Ilustrowanie skomplikowanych i nakładających się na siebie procesów fizjologicznych doświadczeniami i samodzielne "odkrywanie" praw rządzących tymi procesami zachęca uczniów do poznawania natury zjawisk i ułatwia ich zrozumienie. Można przypuszczać, że wiedza zdobywana w ten sposób jest trwała.

Zastosowanie ICT do rozwiązywania postawionych problemów pobudza uczniów do większego zainteresowania samym problemem.

Stosowanie metod i środków ICT pozwala na atrakcyjne pokazanie interdyscyplinarności zagadnień biologii i jej ścisłych związków z fizyką, chemią i matematyką.

# Uzasadnienie badań

Przyrodnik, badając otaczającą rzeczywistość, obserwuje ją, planuje doświadczenia, dokonuje pomiarów, rejestruje i opracowuje wyniki, modeluje badane sytuacje i sprawdza poprawność tych modeli, a opisane wyniki prac rozpowszechnia. We wszystkich tych czynnościach wspomóc może go komputer. W związku z tym elementy technologii informacyjnej i komunikacyjnej (ang. ICT – *Information and Communication Technology*) powinny stać się integralną częścią nauczania przedmiotów przyrodniczych, w tym także biologii. ICT będzie szczególnie pomocna w realizacji osiągnięć przewidzianych podstawą programową, dotyczących analizowania i interpretowania wyników obserwacji i doświadczeń wraz z oceną ich wiarygodności [4]. Proponowane w opracowaniu badania dotyczą zmian stężenia tlenu i dwutlenku węgla w zależności od oświetlenia w izolowanych uprawach kukurydzy.

Literatura:

- [1] Czerwiński W., Fizjologia roślin, Wydawnictwo naukowe PWN. Warszawa 1981.
- [2] Kopcewicz J., Lewak S., Podstawy fizjologii roślin, Wydawnictwo naukowe PWN.
- [3] Felski P., Służewski K., Badanie fotosyntezy i oddychania roślin z wykorzystaniem technologii informacyjnej, Nauczanie przedmiotów przyrodniczych nr 7, Toruń 2003.
- [4] Turło J., Komputery w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych, 45 minut, nr 4 (10), 1977.

### RUCHY BROWNA: OBSERWACJE, SYMULACJE KOMPUTEROWE, INTERAKTYWNE WIDEO

Józefina Turło, Andrzej Karbowski, Krzysztof Służewski

# 1. Cele zajęć

# Cele ogólne

- 1. Zrozumienie założeń i konsekwencji kinetyczno-molekularnej teorii budowy materii.
- 2. Poznanie sposobów demonstrowania w warunkach szkolnych zjawisk i właściwości związanych z oddziaływaniem międzycząsteczkowym i charakterem budowy materii.
- 3. Poznanie przykładów wykorzystania symulacji komputerowej w nauczaniu fizyki.
- 4. Poznanie możliwości wyszukiwania informacji na zadany temat w Internecie i planowania lekcji z wykorzystaniem tych informacji

# Cele operacyjne

Nabycie umiejętności:

- 1. wykonywania doświadczeń i demonstrowania zjawisk związanych z istnieniem sił międzycząsteczkowych i potwierdzających hipotezę cząsteczkowej budowy ciał stałych, cieczy i gazów.
- 2. dokonywania mikroskopowych obserwacji ruchów Browna, opisu i rozumienia ich konsekwencji dla świata przyrody,
- 3. wykorzystania metody interaktywnego wideo i symulacji komputerowej do analizy ruchów Browna w cieczach i gazach,
- 4. planowania i przygotowania scenariusza lekcji dotyczącej "Odkrycie ruchów Browna, ich istota i konsekwencje dla zrozumienia podstaw kinetyczno-molekularnej teorii budowy materii".

# 2. Metoda pracy:

Praktyczne ćwiczenia laboratoryjne, wykorzystanie metody interaktywnego wideo i symulacji komputerowych oraz praca z wykorzystaniem zasobów internetu.

# 3. Forma pracy:

Aktywna praca w zespołach 2-3 osobowych pod kierunkiem prowadzącego.

# 4. Środki dydaktyczne i materiały:

- podstawa programowa i programy nauczania fizyki i astronomii w gimnazjum,
- instrukcje do zadań i załączniki w formie pisemnej oraz elektronicznej,
- mikroskop projekcyjny, np. Studar lub Video Studar do obserwacji ruchów Browna w czasie rzeczywistym,
- kamera CCD i program Aver Media do edycji filmów,
  - oprogramowanie: program Coach 5 z modułem interaktywnego wideo oraz program symulacyjny "BROWN".

# Zadania do wykonania:

1. Badanie rzeczywistych ruchów Browna.

Przy użyciu mikroskopu projekcyjnego z kamerą CCD zaobserwuj ruchy Browna w wodnej zawiesinie mleka (lub mieszaninie oleju silnikowego z wodą i denaturatem). Nagraj film o długości ok. 1 minuty za pomocą programu Aver Media. Opisz układ obserwacyjny i zaobserwowane zjawisko.

W celu zbadania zarejestrowanych ruchów Browna użyj modułu interaktywnego wideo z programu Coach 5. Użyj opcji *Otwórz projekt* i wybierz *Wideopomiary – przykłady*, a następnie ćwiczenie *Ruchy Browna*. Wciśnij zielony przycisk *Start* i zaznacz na każdej klatce filmu wybrany punkt np. środek drobiny tłuszczu. Następnie wybierz opcję *Prezentuj wykres*, aby przedstawić położenia Px i położenia Py w funkcji czasu.

Stosując prawo Einsteina-Smoluchowskiego opisujące średni kwadrat przesunięcia cząstki Browna od położenia początkowego po czasie t wyznacz stałą Avogadro N:

$$N = \frac{RTt}{3\pi (x^2)_{\text{sr}} \eta r}$$

gdzie:

 $(x^2)_{sr}$  – średni kwadrat rzutu przesunięcia cząstki na dowolną oś x,

R – stała gazowa,

T - temperatura w skali bezwzględnej,

 $\eta$  – lepkość ośrodka, w którym zachodzą ruchy,

r – promień kulistej cząstki Browna,

t – czas obserwacji.

Średni kwadrat rzutu przesunięcia na dowolną oś można obliczyć używając opcji *Prezentuj w tabeli* i *Eksport danych* do pliku tekstowego (klikając prawym przyciskiem myszki). Dane zapisz w formacie csv. Następnie ten plik otwórz w programie Excel i napisz odpowiednie formuły obliczające  $(x^2)_{sr}$ .

- 2. Przeprowadź badania ruchów Browna metodą symulacji komputerowej wykorzystując załączoną poniżej dokumentację programu symulacyjnego "BROWN". Wyznacz stałą Avogadro dla cieczy i gazu o dwu różnych temperaturach. Wartości parametrów początkowych podane są poniżej (Patrz rysunek 2).
- 3. Porównaj otrzymane wyniki doświadczalne z wynikami uzyskanymi z symulacji komputerowej i wyciągnij odpowiednie wnioski.
- 4. Znajdź w Internecie informacje na temat "ruchów Browna" i zaplanuj fragment lekcji o charakterze interdyscyplinarnym nt: "Odkrycie ruchów Browna, ich istota i konsekwencje."

## Przykładowe wyniki pomiarów

Poniżej przedstawiamy zapis wideo rzeczywistych ruchów Browna z szybkością 15 klatek/s, przetworzony za pomocy programu Coach 5 z modułem interaktywnego wideo (rys. 1) oraz wynik symulacji komputerowej tych ruchów (rys. 2).



Rys. 1. Obraz ruchów Browna uzyskany metodą interaktywnego wideo.



Rys. 2. Symulacja torów przypadkowych ruchów cząsteczek w środowisku wodnym.



Rys. 3. Histogram i liczba Avogadro obliczona w programie Brown.

# Instrukcja obsługi programu BROWN

- 1. Po załadowaniu programu przez system operacyjny na ekranie pojawi się karta tytułowa programu z napisem "BROWN program symulacyjny".
- 2. Program zawiera następujące opcje:

1) TEORIA, 2) SYMULACJE, 3) O PROGRAMIE, 4) KONIEC.

- 3. Poszczególne opcje służą do:
- 1) TEORIA poznania teorii nt. ruchów Browna.
- 2) SYMULACJE, DANE wprowadzania danych. Program proponuje trzy rodzaje danych: - ciecz (wodnej zawiesina mleka),
  - gaz (cząstek dymu papierosowego w powietrzu),
  - inne (dowolne dane wprowadzane przez użytkownika).

W przypadku danych użytkownika należy wprowadzić następujące parametry: Temperatura [K] ..... Lepkość [Pa\*s] ..... Promień cząstki Browna [mm] ..... Czas obserwacji [s] .....

3) SYMULACJA, START - właściwa symulacja ruchów Browna z wykorzystaniem funkcji RND komputera zarówno w zakresie długości jak i kierunku wektora reprezentującego wielkość przemieszczenia cząstki Browna.

Symulację (w aktualnej wersji programu dla 100 kolejnych przemieszczeń) można przeprowadzać w sposób:

- skokowy – przycisk krok,

- ciągły – przycisk seria.

Po zakończeniu każdej serii symulowanych pomiarów na ekranie monitora przedstawiany jest graficzny obraz chwilowych przesunięć cząstki oraz obliczana jest liczbowa wartość średniego przesunięcia *x* wraz z jego błędem statystycznym (błędem średnim kwadratowym).

- 4) ANALIZA, HISTOGRAM wykreślanie:
  - a) diagramu częstości występowania poszczególnych przesunięć cząstki Browna w funkcji ich wielkości należy zauważyć, że otrzymany rozkład jest rozkładem normalnym.
  - b) zależności sumarycznego przesunięcia cząstki ze swego położenia początkowego od czasu.
- 5) ANALIZA, LICZBA AVOGADRO obliczanie wartości stałej Avogadro.
- 6) KONIEC zakończenie pracy z programem.

# Uwagi merytoryczno - metodyczne

Program "BROWN" służy do badania ruchów odkrytych w 1827 r. przez szkockiego botanika Roberta Browna, komputerową metodą symulacyjną, w celu głębszego zrozumienia praw, rządzących tym, mającym statystyczny charakter zjawiskiem. Statystyczny charakter zarówno kierunku, jak i długości (wektora reprezentującego wielkość) elementarnych przemieszczeń cząstki Browna zapewnia wykorzystanie funkcji RND użytego komputera.

Zastosowanie tej metody pozwala zarówno na zrozumienie konieczności użycia do opisu statystycznych właściwości badanych ruchów takich wielkości, jak wartości średnie i fluktuacje, jak również na podstawie analizy wyników przeprowadzonych, symulacyjnych badań - wyznaczyć wartość podstawowej stałej kinetyczno-molekulamej teorii budowy materii - stałej Avogadro.

Proponując realizację zagadnienia ruchów Browna w szkole średniej również tą, wspomaganą komputerowo metodą, mamy ponadto na uwadze stworzenie dodatkowej okazji do zwrócenia uwagi na ogromny wkład do rozwoju fizyki zjawisk statystycznych polskiego uczonego Mariana Smoluchowskiego.

Szczegółowy artykuł na temat możliwości wykorzystania programu "BROWN" w nauczaniu na poziomie szkoły średnim ukazał się w "Fizyka w Szkole" 2, 104-111, 1986 r., oraz w rozbudowanej wersji we włoskim czasopiśmie dla nauczycieli pt: "LA FISICA NELLA SCUOLA".

## Literatura

- Resnick R. Halliday, Fizyka dla Przyrodników i Techników, Część I., PWN, Warszawa, 1970,
- [2] Feynman R., Feynmana Wykłady z Fizyki, tom I, PWN, Warszawa, 1971,
- [3] Bolton W., Zarys Fizyki, PWN, Warszawa, 1982,
- [4] Reif F., Fizyka Statystyczna, PWN, Warszawa, 1975,
- [5] Teske A. M. Smoluchowski, życie i twórczość, PWN, 1955,
- [6] Chyla K., Fizyka w Szkole, 2, 45, 1976,
- [7] Kutner R. Delta, 9, 10-12, 1986.
- [8] Wysocki K, Praca magisterska 2004, op. J. Turło

# PODSTAWOWE ZJAWISKA TERMODYNAMICZNE

Grzegorz Osiński

## 1. Cele zajęć

## Cele ogólne:

- Zrozumienie założeń modelu gazu doskonałego oraz jego stosowania w warunkach w jakich gazy rzeczywiste stosują się do tego modelu.
- Zrozumienie pojęcia średniej energii kinetycznej cząsteczek gazu oraz jej proporcjonalności do temperatury w skali Kelvina.

# Cele operacyjne:

Nabycie umiejętności:

- zastosowania równania Clapeyrona i równania przemian gazowych (izotermicznej, izobarycznej, izochorycznej) oraz ich zastosowanie,
- zastosowania wykresów przemian gazowych i zamiany zmiennych (np. p-V) do innych (np. p-T).
- stosowania pojęcia energii wewnętrznej wiedząc, że dla gazu energia wewnętrzna jest w przybliżeniu sumą energii kinetycznej cząsteczek (dla gazu doskonałego ściśle).
- wykonania opisu przepływu energii w przemianach gazowych.
- wykorzystania schematu energetycznego silnika cieplnego i lodówki oraz wskazania kierunków przepływu energii.
- obliczania zależności sprawności silników cieplnych od temperatury grzejnicy i chłodnicy.

## 2. Metoda pracy

Wykorzystanie symulacji komputerowych oraz wykonanie odpowiednich szacunkowych obliczeń ilustrujących obserwowane procesy.

## 3. Środki dydaktyczne

- Podstawa programowa i programy nauczania fizyki i astronomii liceum
- Symulacje Java oraz pliki wideo w formie elektronicznej

# Zadania do wykonania

**1.** Wykorzystując symulacje komputerowe zaproponuj wykorzystanie tych narzędzi podczas wprowadzania podstaw teorii kinetyczno-molekularnej gazów.

<u>Symulacja 1</u>: Pozwala one pokazać symulację zachowania cząsteczek gazu w trójwymiarowym pudle oraz pokazują zalewności pomiędzy założeniami teorii kinetyczno molekularnej a wartościami makroskopowymi. Prezentacja ta może posłużyć jako wstęp przy wprowadzaniu teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego. Atomy reprezentowane przez czerwone kulki poruszają się chaotycznie w czasie rzeczywistym w sześcianie o boku *d*. Zderzają się pomiędzy sobą oraz ze ścianami naczynia.

Podczas obserwacji zwróć uwagę na następujące założenia teorii kinetyczno molekularnej:

1.Gaz składa się z cząsteczek, które można traktować jak punkty materialne.

2. Cząsteczki poruszają się chaotycznie i podlegają zasadom dynamiki Newtona.

3.Całkowita liczba cząsteczek jest bardzo duża.

- 4. Objętość cząsteczek jest tak małą częścią objętości zajmowanej przez gaz, że można ją pominąć.
- 5. Poza momentem zderzenia na cząsteczki nie działają żadne siły.
- 6.Zderzenia są sprężyste, a czas ich trwania można pominąć.



<u>Symulacja 2</u> - zaobserwuj zachowanie gazu dwuatomowego, ruch atomów w sześciennym pudle. Cząsteczki jednego gazu (kolor zielony) zderzają się z atomami drugiego gazu (kolor czerwony), pomiędzy sobą oraz ze ściankami naczynia. Spowolniony, symulowany ruch tych atomów pozwala lepiej zrozumieć wyprowadzenie zależności pomiędzy średnia energią kinetyczna ruchu atomów a ciśnieniem:  $E_{k} \propto p$ .

<u>Symulacja 3</u> - obserwacja tej symulacji pozwala zrozumieć zmianę wartości pędu atomu po odbiciu od ściany naczynia, te proste zjawisko sprawia uczniom sporo kłopotów, ponieważ zapominają oni często o tym iż pęd jest wielkością wektorową, a jego zmiana, dla cząsteczki gazu, przy odbiciu od ściany zbiornika wynosi:

$$\Delta p = p_i - (-p_i) = 2p_i$$

Na podstawie symulacji 1,2 oraz 3 wyprowadź wzór opisujący zależność ciśnienia od temperatury gazu w przedstawionym zbiorniku.

**2.** Wykorzystując aplet Java wykonaj symulacje zachowania gazu w zbiorniku w zależności od temperatury zbiornika oraz ilości cząsteczek gazu. Na podstawie obserwacji oszacuj maksymalna ilość cząsteczek poruszających się w zbiorniku najszybciej dla temperatur 200 K, 300 K oraz 400 K.

Aplet pokazujący zależność ilości poszczególnych cząstek o odpowiedniej wartości energii kinetycznej cząstek, pozwala nie tylko na zobrazowanie kształtu funkcji rozkładu w zależności od ilości cząstek i ich temperatury ale również w prostszej postaci, umożliwia powiązanie wartości energii kinetycznej poruszających się cząstek z temperaturą w ogólności. Zarówno jakościowa jak i ilościowa analiza wartości prędkości, cząsteczek np. gazu w zależności od temperatury zazwyczaj przedstawiana jest albo w postaci skomplikowanej funkcji rozkładu lub za pomocą diagramu.

Ruch cząsteczek możemy traktować jako zupełnie bezładny, więc nie można ustalić liczbę cząsteczek posiadających pewną dokładnie określoną prędkość v, ponieważ takich cząsteczek może w danej chwili w ogóle nie być. Możemy jednak ustalić liczbę cząsteczek, których prędkości leżą w pewnym określonym przedziale prędkości – oznaczonych kolorami na diagramie symulacji.



<u>Opis działania apletu:</u> obszar apletu można podzielić na dwie części. W lewej części widzimy zbiornik z cząsteczkami gazu idealnego. Pod tym obszarem znajduje się pole wyboru, za pomocą którego zmieniamy liczbę cząsteczek w zbiorniku, aby zwiększyć przejrzystość animacji, można wybrać następujące ilości cząsteczek: 100, 50, 25, 10. W prawej części widzimy wykres przedstawiający rozkład prędkości Maxwella w zależności od ilości cząsteczek. W środkowej części apletu znajduje się suwak za pomocą którego możemy zmieniać temperaturę panującą w gazie. Wraz ze zmianą temperatury prędkość cząsteczek wzrasta lub maleje, odpowiednio zmienia się również wykres.

**3.** Przeprowadź symulację działania silnika cieplnego. Na podstawie obserwacji określ sprawność tego silnika jeśli pracuje on w cyklu określonym temperaturami rozprzęgania i sprzęgania gazu o wartościach  $T_1 = 400$  K oraz  $T_2 = 800$  K. W obliczeniach posłuż się modelem silnika cieplnego działającego w Cyklu Carnota.

Wszystkie procesy gazowe związane z praca silnika możemy prześledzić na symulacji, obserwując zarówno zachowanie się tłoka jak i wykres odpowiedniej przemiany rysowany w czasie rzeczywistym na wykresie po prawej stronie. W trakcie działania symulacji należy zastanowić się nad właściwą interpretacją poszczególnych etapów pracy silnika w ujęciu modelu idealnego silnika cieplnego pracującego w Cyklu Carnota.



## Opis działania apletu:

Po uruchomieniu symulacji – klawisz "*Start*", obserwujemy następujące procesy termodynamiczne:

- 1. Izotermiczne sprężanie gazu do określonej objętości V1, gaz oddaje przy tym Q1 i pobiera z zewnątrz energię L1.
- 2. Adiabatycznie sprężanie do temperatury T2, gaz wykonuje przy tym pracę L2.
- 3. Izotermicznie odwracalne rozprężanie w temperaturze T2, aż do punktu na adiabacie przechodzącej przez punkt wyjściowy. Układ oddaje przy tym pewną pracę L3 i pobiera pewną ilość ciepła Q2.
- 4. Rozprężanie adiabatyczne do punktu wyjściowego, gaz na tym etapie wykonuje pracę L4.

Procesy te możemy zilustrować na diagramie przemian gazowych pV:



**4.** Wykorzystując aplet Java wykonaj symulację zjawiska topnienia lodu. Zaobserwuj zmiany temperatury podczas topnienia i parowania. Na podstawie symulacji wykonaj wykres przemiany fazowej dla procesu topnienia i parowania.



<u>Opis działania apletu:</u> Aby uruchomić aplet należy nacisnąć przycisk "Rozpocznij" natomiast aby ją wstrzymać "Wstrzymaj" i przycisnąć lewy klawisz myszy. Należy jednak pamiętać, że przycisk wstrzymywania jest aktywny dopiero w trakcie symulacji. Po zatrzymaniu, np. w celu pokazania struktury molekularnej w danej chwili, aby kontynuować animację należy nakierować wskaźnik myszy na przycisk "Rozpocznij" i przycisnąć lewy klawisz myszy w celu kontynuowania animacji. Po zakończeniu symulacji zostanie ona automatycznie zatrzymana i powróci do stanu wyjściowego. W aplecie tym zastosowano podział obszaru roboczego na dwie części: w części lewej przedstawione jest szklane naczynie, w którym następuje topnienie kostki lodu podczas podgrzewania przez płomień palnika. W prawej natomiast, czerwony okręg - wirtualny super-mikroskop - który służy do ukazywania struktury molekularnej substancji w danym momencie, kiedy nakierujemy kursor myszy na kostkę lodu, wodę lub w momencie parowania na obszar nad cieczą, zobaczymy tam strukturę mikroskopowa wybranego obszaru. Dodatkowym elementem znajdującym się pod mikroskopem, który jest widoczny dopiero w momencie uruchomienia apletu, jest wartość temperatury panującej wewnątrz naczynia.

#### Literatura:

- [1] G.Osiński, D.Sokołowski, *Elementy technologii informacyjnej w nauczaniu termodynamiki*, XX Informatyka w szkole, Wrocław 2004
- [2] J. Turło, A. Karbowski, G. Osiński, Z. Turło, Przyroda, doświadczenie i komputer w zreformowanej szkole na przykładzie zjawisk termodynamicznych, Mat. Konf XVI "Informatyka w szkole", Mielec 2000, 394-401
- [3] R. Hołyst, A. Poniewierski, A. Ciach, *Termodynamika dla chemików, fizyków i inżynierów*, Instytut Chemii Fizycznej PAN i Szkoła Nauk Ścisłych, Warszawa, 29 października 2003.
- [4] P. G. Hewitt, Fizyka wokół nas, PWN Warszawa 2001.
- [5] G. Osiński, *Przykłady modelowania na lekcjach fizyki*, Mat. Konf. Informatyka w szkole XVII cz.2, 19-22.09.2001, Mielec, 2001, 580-587.

## MODELOWANIE ZJAWISKA PROMIENIOTWÓRCZOŚCI

Józefina Turło

## Cele ogólne:

- Poznanie statystycznego charakteru rozpadu promieniotwórczego oraz prawa rządzącego tym rozpadem

## Cele operacyjne:

Uczniowie:

- potrafią przeprowadzić komputerowe symulacje rozpadu promieniotwórczego jąder atomowych
- utrwalą wiadomości dotyczące pojęć charakteryzujących rozpad promieniotwórczy, np. szeregi promieniotwórcze, promieniotwórczość naturalna, sztuczna, przemiany promieniotwórcze, okres półrozpadu
- potrafią matematycznie zapisać równanie opisujące zmianę ilości jąder pierwiastka promieniotwórczego w czasie na skutek rozpadu promieniotwórczego i stąd zależność między wielkością  $\lambda$  (stała rozpadu) i T<sub>1/2</sub> T<sub>1/2</sub> =ln2/ $\lambda$
- potrafią wymienić pierwiastki promieniotwórcze o bardzo długich i bardzo krótkich okresach półrozpadu.

# Zadanie do wykonania

Na podstawie obserwacji symulacji statystycznego charakteru zjawiska rozpadu promieniotwórczego atomów przy pomocy programu komputerowego modulującego to zjawisko pt: "ROZPAD" określ fenomenologiczne prawo rządzące tym rozpadem.

# Dokumentacja programu symulacyjnego "ROZPAD"

## Nazwa programu

"ROZPAD"- program służący do przedstawienia zjawiska rozpadu pierwiastków promieniotwórczych metodą symulacji komputerowej.

## Przeznaczenie programu

Środek dydaktyczny do wspomagania nauczania zagadnień programowych z fizyki w szkole średniej-gimnazjum: Podstawa programowa: Treść: Promieniowanie jądrowe, Hasło programowe: "Rozpad promieniotwórczy jąder atomowych" (np. program WSz. PWN, str 30,31: *Komentarz metodyczny*: 4. Modelowanie rozpadu promieniotwórczego, *Cele szczegółowe*: uczniowie potrafią przeprowadzić symulację rozpadu promieniotwórczego).

## Wykorzystanie programu ROZPAD

Program ROZPAD pozwala na symulację rozpadu 3400 jąder danego pierwiastka oraz na obserwowanie kilku następnych etapów przemian jądrowych. Pierwiastki i ich czasy rozpadu mogą pochodzić z zestawów zawartych w pliku "zestaw".

Okresy półrozpadu mogą być też podane przez użytkownika. Do pliku "zestaw" można dopisać inne zestawy pierwiastków.

Przejście do opcji WYKRES pozwala na bezpośrednie wykreślanie ilości jąder w próbce pierwszego pierwiastka w funkcji czasu. Współrzędna pionowa wykresu może być w skali LINIOWEJ lub LOGARYTMICZNEJ, co pozwolą na określenie charakter zaniku promieniotwórczego jąder w czasie. Wyświetlany jest współczynnik korelacji krzywej z najlepiej do niej pasującą krzywą typu A•exp( $\lambda$ •t).

Szczegółowy opis możliwości wykorzystania programu symulującego rozpad promieniotwórczy jąder do wspomagania nauczania zagadnienia: "Statystyczny charakter prawa rozpadu promieniotwórczego i wyjaśnienie tego faktu" na poziomie średnim zamieszczony został w "Problemach Dydaktyki Fizyki" [5] oraz w "Fizyce w Szkole" [6].

## Mechanizm rozpadu promieniotwórczego jader atomowych

W przyrodzie rozróżniamy 4 rodzaje oddziaływań: grawitacyjne, elektromagnetyczne, silne i słabe. W jądrze atomowym największe znaczenie ma oddziaływanie silne, ale występują tam także oddziaływania elektromagnetyczne i słabe, które są m.in. odpowiedzialne za rozpad  $\beta$ . Jądra atomowe są jedynymi układami cząstek, w których występuje równocześnie tyle oddziaływań. Fakt ten z jednej strony komplikuje przebieg zachodzących zjawisk, jednak z drugiej strony dostarcza okazji do badania efektów będących następstwem wzajemnego powiązania rozmaitych oddziaływań.

Siły działające między częściami składowymi jąder (nukleonami) można uważać za wynik wymiany mezonów. Na przykład neutron znajduje się stale częściowo w stanie, który można opisać za pomocą jednego protonu i jednego mezonu  $\pi$ . Mezon  $\pi$  może z innym protonem utworzyć neutron, co jednocześnie oznacza zamianę pierwotnego neutronu w proton. W wyniku tego procesu pojawia się kwantowa siła wymiany, analogiczna do siły homeopolarnego wiązania chemicznego pochodzącej z wymiany elektronu. Siły działające między dwoma nukleonami można badać eksperymentalnie w procesach rozpraszania nukleonów na nukleonach. Ponieważ mamy do czynienia z cząstkami obdarzonymi spinem, konieczne są jednoczesne obserwacje polaryzacji. W ten sposób można było wyznaczyć eksperymentalnie przebieg sił jądrowych, który okazał się zgodny z wynikami teorii mezonowej w zakresie energii istotnych z punktu widzenia fizyki jądrowej.

Wiele jąder samorzutnie się rozpada. Najważniejszymi rodzajami przemian jąder nietrwałych są: przemiana  $\beta$ , emisja cząstki  $\alpha$ , rozszczepienie jądra i emisja promieniowania elektromagnetycznego. Rozpady symulowane w programie ROZPAD należą do pierwszego i drugiego rodzaju.

Podczas badań promieniotwórczości, odkrytej w 1896 r. przez Becquerela, stosunkowo wcześnie stwierdzono, że zjawisku temu towarzyszy kilka rodzajów promieniowania, różniących się przenikliwością oraz kierunkiem odchylenia w polu magnetycznym.

Rozpad  $\alpha$  polega na wyrzuceniu z jądra cząstki składającej się z dwóch protonów i dwóch neutronów, tożsamej z jądrem helu. W związku z tym ilość nukleonów w jądrze zmniejsza się o cztery, a liczba ładunkowa jądra Z o dwa. Cząstka  $\alpha$  ma ładunek dodatni.

Przemiana  $\beta$  polega na emisji z jądra (dodatniego lub ujemnego) elektronu oraz neutrina. Liczba ładunkowa Z zmienia się przy tym o jeden, natomiast liczba masowa A pozostaje niezmieniona. Podczas rozpadu  $\beta$  można bez trudu zaobserwować emitowany elektron oraz zmierzyć ładunek i masę jądra. Znacznie trudniej jest wykazać, że jednocześnie emitowane jest również neutrino. Istnienie neutrina było postulowane dla spełnienia zasad zachowania energii i momentu pędu w rozpadzie  $\beta$ . Neutrina powinny mieć spin 1/2 i być obojętne elektrycznie. Można wykazać doświadczalnie, że ich masa powinna być bardzo mała. Dziś przyjmuje się powszechnie, że ich masa spoczynkowa, podobnie jak fotonów, jest równa zeru.

Zjawisko rozszczepienia jąder zostało odkryte w 1938 r. Rozszczepienie jądra może zajść spontanicznie lub być indukowane przez dostarczenie *energii aktywacji*. W pewnych warunkach produkty rozpadu mogą indukować rozpady kolejnych jąder, co może prowadzić do reakcji łańcuchowej. W 1942 r. dokonano pierwszej kontrolowanej reakcji łańcuchowej.

W stanie podstawowym jądra wszystkie nukleony zajmują możliwie najniższe stany energetyczne dozwolone przez zakaz Pauliego. Podobnie jak w powłoce elektronowej atomu, w normalnych warunkach istnieje jeszcze wiele leżących wyżej stanów wzbudzonych, które mogą być obsadzone, pod warunkiem doprowadzenia do jądra energii z zewnątrz. Może przy tym nastąpić wzbudzenie tylko jednego albo kilku nukleonów. Jądra wzbudzone mogą powstawać na wiele sposobów, np. jako produkty rozpadu promieniotwórczego, podczas reakcji jądrowych albo w wyniku zewnętrznego wzbudzenia elektromagnetycznego. Jeżeli stan wzbudzony jądra jest stanem trwałym, tzn. jego energia leży poniżej progu emisji cząstek, to jądro może oddać energię wzbudzenia tylko za pośrednictwem oddziaływań elektromagnetycznych, co w normalnych warunkach prowadzi do wysłania kwantu γ.

Używając pierwiastków o znanych czasach rozpadu możemy określać wiek minerałów, roślin i szczątków ludzkich. Przy pomocy metod spektrometrii masowej lub mierząc aktywność izotopów można ustalić skład badanego materiału. Znając pierwotny skład izotopowy próbki możemy określić jaka część izotopów promieniotwórczych rozpadła się od momentu uwięzienia ich w minerale i w ten sposób obliczyć czas, który upłynął od tego momentu. Do pomiaru czasu używa się następujących pierwiastków:

Pierwiastek	T <sub>1/2</sub>		
<sup>14</sup> C	5730 lat		
<sup>231</sup> Pa	32.5 tyś. lat		
<sup>230</sup> Th	75 tyś. lat		
<sup>234</sup> U	24.7 tyś. lat		
<sup>10</sup> Be	1.6 min lat		
<sup>129</sup> I	17 min lat		
<sup>244</sup> Pu	82 min lat		
<sup>235</sup> U	7.0 mld lat		
$^{40}$ K	1.25 mld lat		
<sup>238</sup> U	4.47 mld lat		
<sup>232</sup> Th	14.0 mld lat		
<sup>87</sup> Rb	49 mld lat		

### **Rodziny promieniotwórcze**

Podczas reakcji syntezy, które miały miejsce przed około 15 miliardami lat, powstała ogromna liczba pierwiastków promieniotwórczych. Tylko niewiele z nich zdołało - dzięki swemu długiemu okresowi półrozpadu - przetrwać do naszych czasów. Najcięższymi spośród pierwotnych jąder są <sup>232</sup>Th, <sup>235</sup>U i <sup>238</sup>U, które ponadto są substancjami wyjściowymi dla dalszych łańcuchów rozpadów  $\alpha$  i  $\beta$ . Ponieważ podczas rozpadu  $\alpha$  liczba nukleonów A zmienia się o 4, przy rozpadzie  $\beta$  pozostaje niezmieniona, dla wszystkich jąder określonego szeregu promieniotwórczego musi zachodzić A = 4 n + S, gdzie n jest liczbą całkowitą, a S = O, l, 2 lub 3 charakteryzuje konkretny szereg. Ponieważ szeregi z S=4 i S=0 byłyby identyczne, mogą istnieć tylko cztery różne szeregi. Są nimi:

А	Szereg	Jądro wyjściowe	Tl/2	
4n	torowy	<sup>232</sup> Th	$1.40 \cdot 10^{10}$ lat	
4n+l	neptunowy	<sup>237</sup> Np	$2.14 \cdot 10^{6}$ lat	
4n+2	uranowy	<sup>238</sup> U	$4.47 \cdot 10^9$ lat	
4n+3	aktynowy	<sup>235</sup> U	$7.04 \cdot 10^8$ lat	

### Matematyczny opis zjawiska rozpadu

Prawdopodobieństwa rozpadu wszystkich atomów danego pierwiastka są takie same. Zakładając, że względna szybkość rozpadu jest stała otrzymujemy:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N \tag{1}$$

gdzie: N - ilość atomów, t - czas,  $\lambda$  - stała rozpadu.

Po scałkowaniu tego równania otrzymujemy wzór, z którego można wyliczyć ilość atomów pierwiastka, które pozostały w próbce po czasie t:

$$N = N_o \cdot e^{-\lambda t} \tag{2}$$

gdzie No- początkowa liczba atomów.

Czas, w którym ilość atomów maleje do połowy, tzn. z N do  $N_0/2$  (tzw. okres półrozpadu) można określić z (2):

$$1/2 N_0 = N_0 e^{-\lambda T 1/2}$$
, skąd  $1/2 = e^{-\lambda T 1/2}$  (3)

i po zlogarytmowaniu: - ln 2 = -  $\lambda$  T<sub>1/2</sub> , a więc:

$$T1/2 = \frac{\ln 2}{\lambda} \tag{4}$$

Natomiast średni czas życia jądra:

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \tag{5}$$

Jądro rozpadając się przekształca się w jądro innego pierwiastka wysyłając promieniowanie  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$ .

### Literatura:

- [1] Mayer-Kuckuk Theo, Fizyka jądrowa, PWN, Warszawa, 1983.
- [2] Encyklopedia fizyki, PWN, Warszawa 1974.
- [3] Bolton W., Zarys Fizyki, PWN, Warszawa, 1982.
- [4] Reif F. Fizyka Statystyczna, PWN, Warszawa, 1971.
- [5] Turło J., Fizyka w Szkole, 2, 104-112, 1986.
- [6] Kutner R., Fizyka w Szkole, 3, 153, 1987.
- [7] Turło J., Wybrane Problemy Dydaktyki Fizyki, Warszawa, 393, 1989.

# SYMULACJE Z OPTYKI Józefina Turło

## Cele ogólne:

- 1. Poznanie wartościowych przykładów wykorzystania symulacji komputerowych w nauczaniu optyki.
- 2. Poznanie możliwości komputerowego wspomagania kształtującego, szkolnego pomiaru dydaktycznego.

# Cele operacyjne:

Nabycie umiejętności:

- przeprowadzania symulowanych doświadczeń komputerowych (ze zmianą parametrów tych doświadczeń) dotyczących załamania światła, rozszczepienia światła w pryzmacie, powstawania obrazów przy użyciu soczewek, zjawiska miraży i mory obrazowej,
- wykorzystania symulacji komputerowych do zrozumienia powstawania w różnych sytuacjach przyrodniczych zjawiska tęczy oraz miraży.
- zastosowania w odpowiedniej części lekcji czynności sprawdzenia wiedzy i umiejętności uczniów, dzięki wykorzystaniu części programu pt: ZADANIA.
- zaplanowania i przygotowania fragmentów scenariuszy lekcji z wykorzystaniem programu komputerowego "Symulacje z optyki"

# 4. Metoda pracy:

Symulacyjne doświadczenia komputerowe i ich analiza z wykorzystaniem programu: "Symulacje z optyki"

## 5. Forma pracy:

Aktywna praca w zespołach 2-3 osobowych pod kierunkiem prowadzącego w Pracowni Komputerowej lub w klasie z dostępem do komputera i projektora komputerowego.

# 4. Środki dydaktyczne i materiały:

- Podstawa programowa i programy nauczania fizyki i astronomii w gimnazjum (liceum),
- Program komputerowy "Symulacje z optyki" wraz z instrukcją obsługi (MENU programu patrz rysunek 1).

## <u>Zadania do wykonania:</u>

- 1. Przeprowadzić symulację dotyczącą załamania światłą na granicy 2 ośrodków materialnych, a następnie zwiększać kolejno ilość czynnych ośrodków od 2-5.
- 2. Zaobserwować, jak światło białe rozszczepia się w pryzmacie (jakie barwy powstają?), (patrz Rys.2.), a następnie odwrócić pryzmat tak, jak zrobił to Newton (podstawą do góry) i wymienić powstające od góry barwy: fioletowa, indygo, niebieska, zielona, żółta, pomarańczowa, czerwona. Zwrócić uwagę, że nad fioletem jest "nadfiolet", a pod czerwienią, podczerwień".
- 3. Przeprowadzić "krok po kroku" symulację powstawania tęczy pierwotnej i wtórnej, podać warunki i przykłady jej powstawania w przyrodzie.

- 4. Zaobserwować, kiedy powstaje miraż dolny, a kiedy górny (Rys.3a i 3b) oraz od czego zależy struktura powstającej na ekranie mory obrazowej?
- 5. Z *MENU* programu wybierz opcję *SOCZEWKI* i przeprowadź symulację powstawania obrazów w różnych sytuacjach w zależności od położenia przedmiotu w stosunku do soczewki.
- 6. Przejdź do opcji programu pt: *ZADANIA*, wybierz odpowiedni poziom i sprawdź swoją wiedzę i umiejętność stosowania tej wiedzy za pomocą testów lub zadań.



Rys. 1.Interfejs programu "Symulacja z optyki".

Na Rys. 2 przedstawiona jest symulacja rozchodzenia się światła białego w pryzmacie.



Rys.2. Symulacja rozchodzenia się promienia świetlnego w pryzmacie.

Na rysunku 3 zostały przedstawione symulacje powstawania miraży. Po kliknięciu na przycisk *MIRAŻE*, ukazuje się ekran z dwoma kolejnymi przyciskami *MIRAŻ DOLNY* i

*MIRAŻ GÓRNY*. Po wybraniu jednego z nich przechodzimy do odpowiedniej symulacji (Rys. 3a i 3b), która obrazuje i tłumaczy powstawanie miraży górnych lub dolnych.



Rys 3a. Symulacja powstawanie Mirażu dolnego.



Rys.3b. Symulacja powstawanie Mirażu górnego.

Ostatnią widoczną na rysunku 1, opcją do wybrania w programie są *ZADANIA*. Po wybraniu tej opcji ukazuje się interfejs widoczny na ekranie (Rys 4.)



Rys.4. Ekran umożliwiający wybranie zadania lub testu .

### 8. Literatura:

- [1]. http://www.interklasa.pl/meteo/zjawiska/optyka.htm
- [2]. Paul G. Hewitt, "Fizyka wokół nas", PWN, Warszawa 2001.
- [3]. D. Halliday, R. Resnick, "Fizyka 2", PWN, Warszawa 2002.
- [4]. Prof. dr hab. Józef Szudy, "O teoriach tęczy", Instytut Fizyki UMK.
- [5]. R. Greenler, ""Tęcze, Glorie i Halo czyli niezwykłe zjawiska optyczne w atomsferze", Prószyński i S-ka, Warszawa 1998.
- [6]. http://www.interklasa.pl/meteo/zjawiska/miraz.htm
- [7]. P. Makowiecki, "Pomyśl zanim odpowiesz", Wiedza powszechna, Warszawa 1985.
- [8]. http://pl.wikipedia.org/wiki/Soczewka
- [9]. J. Lott, "ActionScript Receptury", Helion, 2004.
- [10]. R. Reinhardt, S. Dowd, "Flash MX 2004. Biblia", Helion, 2004.
- [11]. S. Rebenschied, L. Weinman, "Macromedia Flash MX 2004. Sztuka projektowania", Helion, 2005.
- [12]. R. Kolanda, Praca magisterska, Symulacje z optyki, Toruń 2007.