

**EDUKACYJNE LABORATORIA PRZYRODNICZE WSPOMAGANE KOMPUTEROWO**  
**Józefina Turło, Andrzej Karbowski, Grzegorz Osiński, Krzysztof Służewski, Zygmunt Turło\***  
Pracownia Dydaktyki Fizyki, \*Zakład Fizyki Technicznej i Zastosowań Fizyki,  
Instytut Fizyki Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń

Motto:

*Gdzie się podziela nasza mądrość, którą zastąpiła wiedza  
Gdzie się podziela nasza wiedza, którą zastąpiła informacja ...*  
Thomas Stearns Eliot

## **Wstęp**

II połowa XX w. określana jest „epoką mediów”. Ich rola we współczesnym świecie jest ogromna. Media i multimedia nie tylko zawładnęły czasem wolnym ludzi i stały się głównym nośnikiem informacji i komunikacji społecznej, ale także stały się narzędziami uczenia się i pracy intelektualnej człowieka [1-6]. Istnieje powiedzenie „kto posiada informację, ten ma władzę”, czyli uważa się media za czwarty rodzaj władzy, obok: ustawodawczej, wykonawczej i sądowniczej. Jednocześnie, społeczeństwo końca XX wieku określa się najczęściej mianem „społeczeństwa informacyjnego”. Społeczeństwo informacyjne (postindustrialne) to formacja społeczna, gdzie przetwarzanie informacji jest głównym i pierwszoplanowym procesem ekonomicznym, a stosunki społeczne, warunki bytowe (np. kultura) i służby społeczne (np. oświata) zostały do tego dostosowane. Natomiast środowisko informacyjne to infrastruktura społeczno-techniczna, w jakiej egzystuje człowiek w społeczeństwie informacyjnym. Budowanie społeczeństwa informacyjnego, czy obecnie informacyjnego i komunikacyjnego we współczesnej Europie łączy się z wykorzystaniem technologii informacyjnych (TI) w komunikacji społecznej i ponadnarodowej integracji. Multimedialne technologie informacyjne są narzędziem realizacji kulturowych, ekonomicznych i politycznych funkcji członków społeczeństwa informacyjnego oraz środkiem integrującym ludzi w wielu płaszczyznach. Dlatego też podejmowane są działania koordynujące i integrujące rozwój takiego społeczeństwa w Europie. I tak np. w grudniu 1999 roku powstał Projekt E-Europa, który zakłada:

- alfabetyzm cyfrowy, czyli edukację w zakresie korzystania z Internetu i narzędzi multimedialnych, inwestowanie w ludzi i ich umiejętności,
- łatwy i tani dostęp do Internetu, zarówno dla konsumentów, jak i biznesu,
- instytucje rządowe on-line – dostęp do urzędów, aktów prawnych i administracyjnych poprzez sieć, elektroniczny dostęp do usług publicznych, itd.,
- pobudzanie wykorzystania Internetu w gospodarce.

Jednakże powszechne wykorzystanie multimediów, mimo wielu niewątpliwych zalet niesie ze sobą również skutki negatywne.

### *Pozytywne funkcje multimediów:*

- przyspieszają i ułatwiają procesy komunikacji (powszechny dostęp do zasobów internetowych),
- stymulują rozwój człowieka w oparciu o konstruktywistyczną koncepcję kształcenia (wg Piageta: asymilację, akomodację, równowagę i nierównowagę),
- pozwalają diagnozować i doradzać („systemy ekspertowe”),
- promują pozytywne systemy wartości,
- kształtują przekonania i postawy ludzi (a zwłaszcza dzieci i młodzieży).

*Negatywne skutki mediów* wynikają natomiast z zamazania granicy między wirtualną rzeczywistością a życiem codziennym i mogą:

- powodować manipulowanie informacją, wprowadzanie dezinformacji,
- wdrażać do działalności przestępczej (hackerstwo i piractwo komputerowe, przestępstwa seksualne),
- kształtować postawy agresywne (osłabienie wrażliwości człowieka, brutalizacja życia społecznego),
- ograniczać aktywność oraz możliwości twórcze (obniżanie poziomu wiedzy, niszczenie więzi międzyludzkich),
- narażać człowieka na straty czasu i zdrowia (spam komputerowy, „komputerofobia”, uzależnienie od Internetu).

Biorąc to pod uwagę również nauczyciel przedmiotów przyrodniczych powinien wiedzieć, *po co, jak i kiedy* w swej praktyce lekcyjnej wykorzystać środki multimedialne, aby w osiągnięciu celów nauczania swego przedmiotu odnieść korzyści, a kiedy jego zastosowanie będzie mniej skuteczne i niewłaściwe. Należy przy tym pamiętać, że większość programów nauczania w odniesieniu do technologii informacyjnej zakłada wykształcenie następujących umiejętności informatycznych ucznia:

- gromadzenie i przekazywanie informacji,
- przetwarzanie informacji, posługiwanie się informacją,
- pomiary i kontrola eksperymentów,
- symulacje i modelowanie komputerowe,
- świadome używanie środków technologii informacyjnej.

### **Dostępne narzędzia i metody TI**

Wysztalcenie ww. umiejętności informatycznych w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych może być wspomagane przez użycie różnorodnych *środków (hardware), narzędzi (software) i metod (teachware)* technologii informacyjnej. Wymieńmy najważniejsze z nich:

- edytory tekstów, grafiki i programy do prezentacji (np. MS Power Point),
- programy symulacyjne (np. Interactive Physics) i do modelowania (np. Modellus),
- arkusze kalkulacyjne (np. MS Excel),
- programy do zbierania danych i ich opracowywania (ang. data logging i MBL – Microcomputer Based Laboratory, np. Coach 5, Insight),
- bazy CD-ROM i inne komputerowe bazy danych,
- pakiety zintegrowane i specjalistyczne, np. do zastosowania metody interaktywnego wideo,
- programy wspomagające pomiar dydaktyczny (np. Wydawnictwa WSiP i projektu Socrates Grundtvig),
- Internet, WWW, nauczanie na odległość (np. Open University, <http://www.open.ac.uk>),
- gry dydaktyczne,
- materiały pomocnicze i informacje o sprzęcie i oprogramowaniu.

Zawsze jednak, podczas lekcji z wykorzystaniem środków, narzędzi i metod TI powinniśmy brać pod uwagę ich efektywność poznawczą w stosunku do tradycyjnych metod nauczania. Nikt już dzisiaj nie kwestionuje, że najwłaściwszym i najbardziej efektywnym sposobem wykorzystania TI w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych są wspomagane komputerowo pomiary w środowisku naturalnym lub w laboratorium (za pomocą różnego typu detektorów i czujników), ich zapis (rejestracja danych) w pamięci komputera (ang. data logging oraz dynamiczna prezentacja wyników i ich opracowanie w trakcie badań (pomiar on-line) lub bezpośrednio po przeprowadzonych badaniach (pomiar off-line) [7-15].

Biorąc pod uwagę fakt, iż spośród różnych metod i środków technologii informacyjnej nauczyciele w małym stopniu wykorzystują na lekcjach komputerowo wspomagane eksperymenty oraz metodę interaktywnego wideo, przedstawmy kilka wybranych przykładów możliwości wykorzystania tych metod w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych. Do realizacji tego celu wybraliśmy wspomagane komputerowo: badanie i analizę różnych przypadków ruchu drgającego wahadeł, w tym wahadła Foucaulta, badanie ruchów Browna, pomiary promieniowania jonizującego oraz badanie przemian zachodzących w ogniwie paliwowym.

### **Wspomagane komputerowo badanie ruchu wahadeł**

W programie nauczania fizyki i astronomii w gimnazjum (np. Fizyka z Plusem, Nowa Era, Debit) umieszczono następujące zagadnienia programowe: Ruch harmoniczny i falowy, przykłady ruchów harmonicznnych (wahadło matematyczne), ruch drgający, drgania, wahadło. Natomiast program nauczania fizyki i astronomii na poziomie podstawowym dla liceów i techników np. „Fizyka z Plusem” również proponuje realizację hasła: ruch harmoniczny, w tym wahadło matematyczne.

Charakter drgań mechanicznych możemy badać na przykładzie drgań obciążnika zawieszonoego na sprężynie bądź ruchu różnego typu wahadeł. Do badań wybraliśmy wahadło fizyczne i wahadło Foucaulta, które znajduje się w Instytucie Fizyki UMK w Toruniu. Jeśli w opisie teoretycznym ruchu drgającego nie uwzględniamy oporów ruchu, to okres drgań wahadła wychylonego o bardzo mały kąt  $\theta$ , (tzn. taki, że  $\sin\theta \approx \theta$ ), nie zależy od kąta wychylenia. Tak więc wahadło raz wprowadzone w ruch wykonuje (aż do zatrzymania) drgania o stałym okresie, zwanym okresem drgań własnych. Ta własność wahadła nazywa się izochronizmem. Odkrył ją Galileusz i od XVII wieku była wykorzystywana przy budowie zegarów. W omawianym przypadku wzór na okres drgań wahadła jest znany uczniom ze szkoły średniej:

$$T = 2\pi \sqrt{l/g} \quad (1)$$

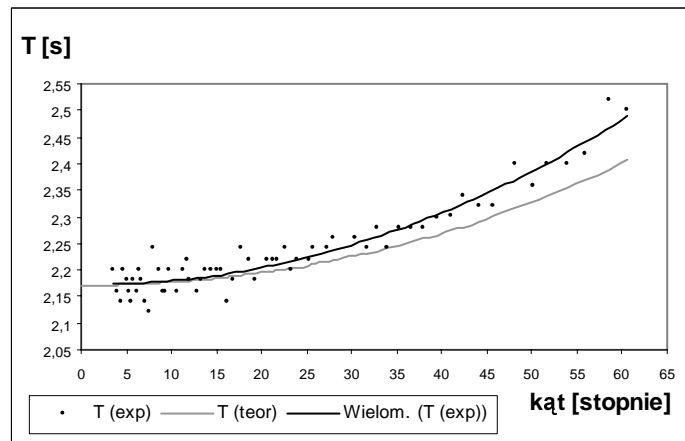
gdzie:  $l$  – długość wahadła,  $g$  – wartość przyspieszenia ziemskiego –  $9.81 \text{ m/s}^2$ ,  $\theta$  – kąt odchylenia wahadła od położenia równowagi.

Jednakże, w rzeczywistym przypadku ruchu wahadła, gdy uwzględniamy opory ruchu, nie można przyjąć, że  $\sin\theta \approx \theta$  i wówczas wzór na okres drgań wahadła ma bardziej skomplikowaną postać:

$$T(\theta_m) = 2\pi\sqrt{l/g} \left[ 1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\theta_m}{2} + \frac{9}{64} \sin^4 \frac{\theta_m}{2} + \frac{225}{2304} \sin^6 \frac{\theta_m}{2} + \dots \right] \quad (2)$$

Otrzymane za pomocą arkusza kalkulacyjnego EXCEL numeryczne wartości zależności  $T(\theta_m)$  świadczą o tym, że ruch wahadła nie jest izochroniczny już dla amplitud większych od ok.  $5^\circ$  (patrz rys.1- wykres teoretyczny).

Zależność (2) zweryfikowaliśmy doświadczalnie, wykorzystując do tego celu proste wahadło fizyczne o długości 114 cm zawieszone na osi obrotowego czujnika kąta z zestawu pomiarowego Coach firmy AMSTEL. Za pomocą tego czujnika, konsoli pomiarowej CoachLab II i oprogramowania Coach 5 otrzymano wyniki pomiarowe, które przedstawiono na wykresie zależności amplitudy drgań (kąta wychylenia) od czasu. Wykres ten posłużył do obliczenia okresów drgań wahadła w zależności od ich amplitudy. Do otrzymanych punktów pomiarowych dopasowano odpowiednią krzywą, a następnie porównano ją z krzywą teoretyczną otrzymaną na podstawie zależności (2). Krzywe te zostały przedstawione na rys. 1, z którego widzimy, że warunek izochroniczny spełniony jest jedynie dla niewielkich amplitud drgań wahadła. Ze względu na występujące opory ruchu (powietrza i czujnika kąta) eksperymentalne wartości okresów drgań są wyższe.

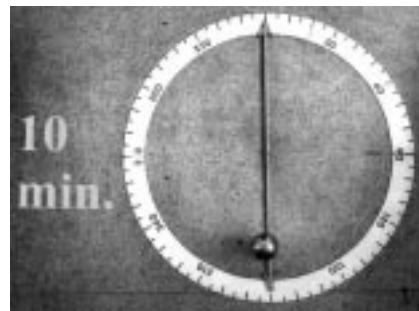


Rys. 1. Zależność okresu drgań wahadła fizycznego od amplitudy

Wiosną 1851 roku francuski uczoney Jean-Bernard-Léon Foucault (rys. 2) po raz pierwszy zaprezentował doświadczenie, które stanowiło niezłomny dowód ruchu obrotowego Ziemi. Jego eksperyment polegał na obserwacji ruchu wahadła o długości 67 metrów, na końcu którego znajdowała się armatnia kula o masie 28 kilogramów. Od tej pory wszyscy możemy obserwować zmianę położenia płaszczyzny wahań takich wahadeł, jeżeli tylko posiadają one odpowiednią długość i masę. Kopia historycznego wahadła Foucaulta od 1955 roku znajduje się w paryskim Panteonie, natomiast inne wahadła Foucaulta umieszczone są w wielu ważnych dla nauki, kultury i polityki miejscach na świecie, jak np.: National Museum of American History (Waszyngton), gmach ONZ (Nowy Jork), Science Museum (Londyn), a również w Instytucie Fizyki UMK w Toruniu (rys.3, <http://www.phys.uni.torun.pl/phys/WAHADLO/wahadlo-w.html>). Dzięki temu mogliśmy badać i analizować jego ruch.



Rys. 2. J.B.L. Foucault (1819 – 1868)

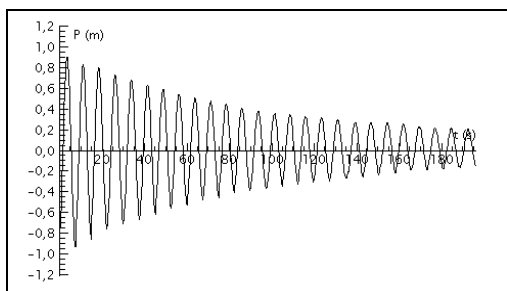


Rys. 3. Widok z góry na wahadło Foucaulta w IF UMK w Toruniu, masa  $m = 29$  kg, długość  $l = 16$  m

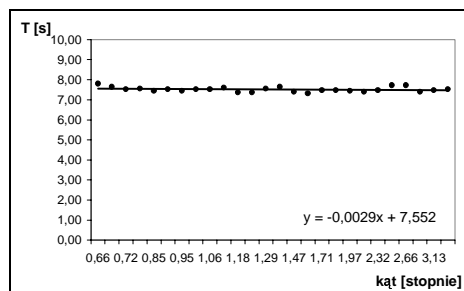
Czas obrotu płaszczyzny ruchu wahadła Foucaulta o kąt  $360^\circ$  zależy od szerokości geograficznej. Na biegunach wahadło dokonuje pełnego obrotu w ciągu 24 godzin. W Toruniu zaś obrót ten powinien trwać  $30^h 02^{min} 40,2^s$ . Można go obliczyć korzystając z zależności  $T = 24h/\sin\varphi$ , gdzie szerokość geograficzna  $\varphi$  dla Torunia wynosi  $53^\circ 01' 01''$ ,6.

Do pomiaru i analizy ruchu wahadła Foucaulta wykorzystaliśmy metodę interaktywnego wideo. Rzeczywisty ruch wahadła filmowano za pomocą kamery cyfrowej firmy Sony przez 2 godziny, a następnie za pomocą komputera i odpowiedniego oprogramowania przygotowano film w taki sposób, że przedstawia on co 5 minut jeden

okres ruchu wahadła. Opcja DataVideo oprogramowania Coach 5 pozwoliła na stworzenie mapy położenia wahadła w funkcji czasu (rys. 4). Dane te można wykorzystać do otrzymania podobnych map prędkości i przyspieszeń w funkcji czasu.



Rys. 4. Położenia wahadła Foucaulta w funkcji czasu

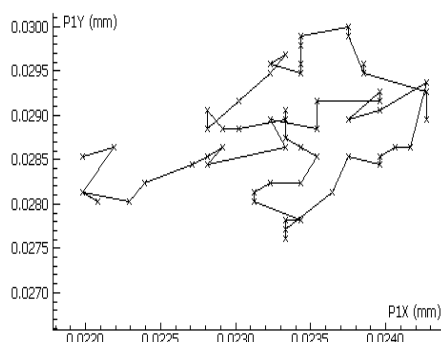


Rys. 5. Okres wahadła Foucaulta w funkcji kąta jego wychylenia

W czasie dwugodzinnego eksperymentu nasze wahadło wychylało się z położenia równowagi o kąt zawarty w przedziale od 0,65 do 3,15 stopnia. Z przedstawionych powyżej rozważań wiemy, że dla tak małych kątów (mniejszych od  $5^\circ$ ) występuje izochronizm drgań. I rzeczywiście, niezależność okresu drgań od amplitudy można zaobserwować analizując dane przedstawione na rys. 5. Średni okres drgań dla toruńskiego wahadła Foucaulta obliczony na podstawie regresji liniowej wynosi ok. 7,55 s. Płaszczyzna ruchu wahadła w ciągu 2 godzin zmieniła się o ok.  $23^\circ$ . Wykorzystując otrzymane wyniki można stwierdzić, że ze względu na występujące opory powietrza i opory tarcia w punkcie zawieszenia wahadła, rzeczywisty czas pełnego obrotu wahadła wynosiłby ok. 31 godz. (zamiast  $30^h 02^{min} 40,2^s$ ).

#### Badanie i analiza ruchów Browna wspomagane komputerowo

Ruchy Browna odkryte w 1827 roku przez szkockiego botanika Roberta Browna, są podstawowym zjawiskiem potwierdzającym założenia i konsekwencje kinetyczno-molekularnej teorii budowy materii. Dlatego też uczeń powinien je zaobserwować już na poziomie szkoły podstawowej, a najpóźniej w gimnazjum. Do ich obserwacji koniecznym jest jednakże posiadanie dobrej jakości mikroskopu projekcyjnego, na który prawdopodobnie nie stać większości szkół. W takim przypadku można na lekcji wykorzystać możliwości prezentowanej metody interaktywnego wideo. Nagrany przez nas film prezentujący *rzeczywiste ruchy Browna* dla cząsteczek tłuszczu mleka w wodzie, umieszczony na stronie internetowej (<http://www.phys.uni.torun.pl/~pdf>) może posłużyć uczniom nie tylko do obserwacji tych ruchów, ale na wyższych poziomach nauczania, także do ich szczegółowej analizy wynikającej z ich statystycznego charakteru. Uzyskane wyniki można ponadto porównać z rezultatami symulacji komputerowej przeprowadzonej z wykorzystaniem programu „Brown” [16]. Poniżej przedstawiamy zapis wideo rzeczywistych ruchów Browna z szybkością 15 klatek/s, przetworzony przy pomocy programu Coach 5 z modułem Data Video (rys. 6) oraz wynik symulacji komputerowej tych ruchów (rys. 7).



Rys. 6. Obraz ruchów Browna uzyskany metodą interaktywnego wideo



Rys. 7. Obraz symulacji komputerowej uzyskanej z programu „Brown”

Stosując prawo Einsteina-Smoluchowskiego opisujące średni kwadrat przesunięcia cząstki Browna od położenia początkowego po czasie  $t$  można na podstawie danych uzyskanych z powyższych rysunków wyznaczyć stałą Avogadro  $N$ :

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

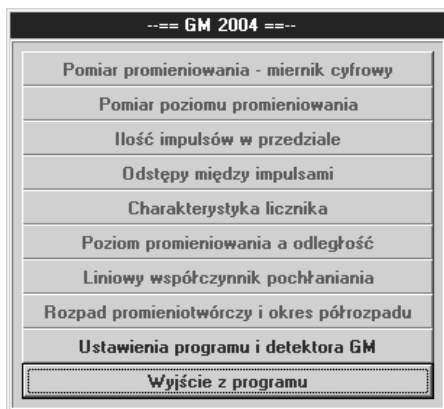
gdzie:

$(x^2)_{sr}$  – 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.

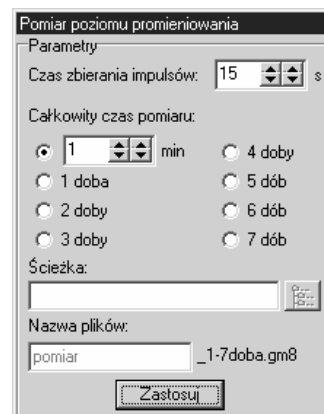
Podstawiając do wzoru (3) za R= 8,31 J/mol K, T=300 K, t = 4s,  $\eta$ = 0,0008 Pa·s, r = 0,0003 mm oraz otrzymaną na podstawie analizy danych z rys. 6 wartość  $(x^2)_{sr} = 6,401E-12$  m uzyskujemy wartość stałej Avogadro N = 6,888E+23 (co w stosunku do N=6,023E+23 daje błąd względny ok. 15%). Natomiast po podstawieniu za  $(x^2)_{sr} = 7,007E-12$  - wartości uzyskanej z symulacji komputerowej, otrzymujemy N = 6,227E+23 (z błędem względnym 3,4%).

### Komputerowo sterowany licznik Geigera-Müllera

O komputerowo wspomaganym badaniu promieniowania jonizującego pisaliśmy już w naszym Biuletynie [17]. W 2004 roku w Pracowni Dydaktyki Fizyki skonstruowano nowy typ detektora promieniowania jonizującego oraz napisano odpowiednie sterujące nim oprogramowanie GM2004 w systemie Windows 9.x i Windows XP [18]. W celu uzyskania pomiarów z dużą dokładnością detektor GM został wyposażony we własny mikroprocesor, który dokonuje pomiarów czasów upływających pomiędzy kolejnymi detekcjami z dokładnością wynoszącą 0,5 ms, następnie czasy te są wysyłane do programu GM2004. Umożliwia to dokonanie z dużą dokładnością wielu różnych pomiarów i analiz dotyczących promieniowania jonizującego i przedstawienie ich zarówno w postaci liczbowej jak i graficznej. Do pomiarów tych należą (patrz rys. 8):



Rys. 8. Menu główne programu



Rys. 9. Parametry Pomiaru poziomu promieniowania

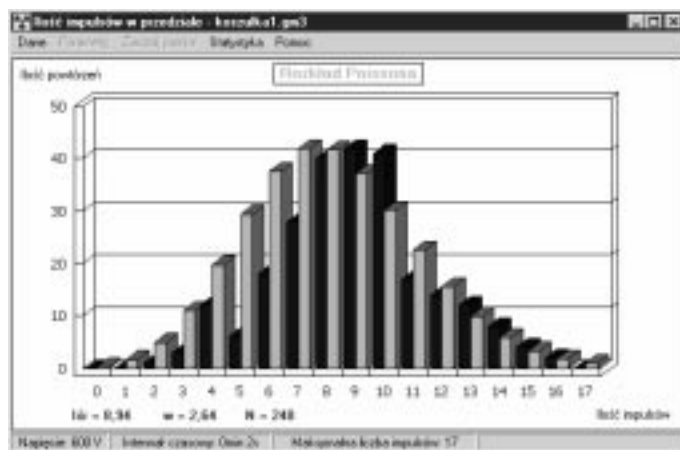
W każdym oknie pomiarowym w lewym dolnym rogu wyświetlane jest napięcie pracy detektora, które można ustawić w oknie *Ustawienia programu i detektora GM*. W oknie tym należy ustawić również inne ważne parametry, niezbędne do poprawnego działania programu.

Do przeliczenia liczby zmierzonych impulsów na inne wielkości charakteryzujące promieniowanie jonizujące wykorzystywana jest zależność pomiędzy roczną średnią dawką promieniowania tła wyrażoną w mSv/rok, a odpowiadającą jej liczbą impulsów na minutę. Opcja *Pomiar poziomu promieniowania* pozwala mierzyć poziom promieniowania jonizującego w ilości impulsów na minutę. Komputer zlicza impulsy w ciągu zadanego **czasu zbierania impulsów**, przelicza je na liczbę impulsów na minutę i wynik pomiaru umieszcza na wykresie [17].



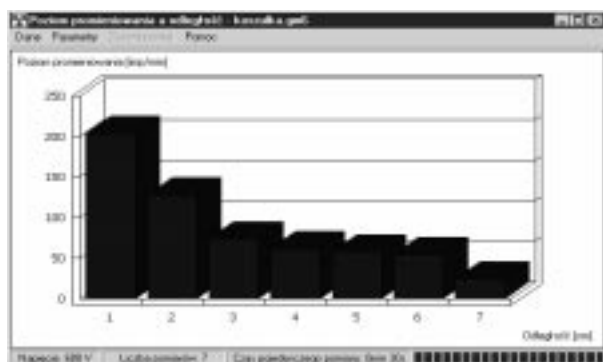
Rys. 10. Pomiar poziomu promieniowania - miernik cyfrowy

Wykorzystując opcję *Ilość impulsów w przedziale* można badać statystykę związaną z ilością impulsów zarejestrowanych w zadanym interwale czasowym. Komputer dokonuje wielu pomiarów polegających na zliczaniu impulsów w interwale o zadanym czasie trwania. Ostatecznie otrzymuje się graficzną prezentację prawdopodobieństwa, z jakim wystąpiła detekcja danej ilości impulsów w zadanym przedziale czasowym, a więc statystyczny rozkład „ilości impulsów w przedziale”, który powinien odpowiadać teoretycznemu rozkładowi Poissona (rys. 11.).

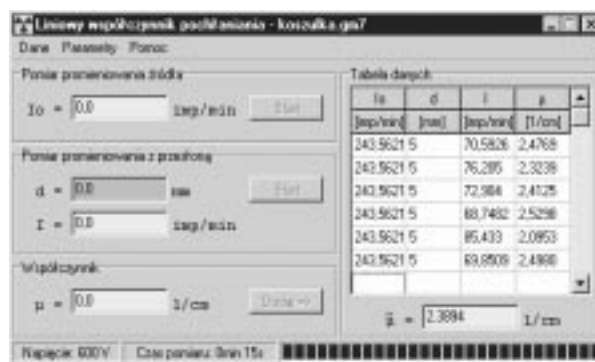


Rys. 11. Wykres Ilości impulsów w przedziale z dopasowanym rozkładem Poissona

W przypadku, gdy liczba impulsów jest bardzo mała można wykorzystać opcję programu *Odstępy między impulsami*. Opcja ta pozwala na badanie statystyki dotyczącej odstępów czasowych wpływających między kolejnymi zarejestrowanymi impulsami promieniowania. Kolejna opcja *Poziom promieniowanie a odległość* pozwala na pomiary poziomego promieniowania w zależności od odległości źródła promieniowania od detektora i przedstawienie go na wykresie. Otrzymane wyniki pomiarów pozwalają na sprawdzenie, czy zależność poziomego promieniowania jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości od źródła.



Rys. 12. Poziom promieniowania a odległość - przykładowe wyniki



Rys. 13. Liniowy współczynnik pochłaniania – przykładowe wyniki.

Opcja *Liniowy współczynnik pochłaniania* pozwala natomiast na wyznaczenie liniowego współczynnika pochłaniania poprzez pomiar poziomego promieniowania jakiegoś źródła wzorcowego, a następnie pomiar poziomego promieniowania tego samego źródła przesłoniętego badanym, pochłaniającym promieniowanie materiałem. W tym celu wykorzystujemy zależność (4):

$$I(d) = I_0 e^{-\mu d} \quad (4)$$

gdzie:

$I_0$  – promieniowanie źródła;

$I$  – promieniowanie źródła przesłoniętego;

$\mu$  – współczynnik pochłaniania;

$d$  – grubość materiału.

Ponadto, opcja menu głównego *Rozpad promieniotwórczy i okres półrozpadu* pozwala z badania zjawiska rozpadu promieniotwórczego wyznaczyć okres półrozpadu badanego pierwiastka  $T_{1/2}$ , wykorzystując wzory:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (5)$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad (6)$$

gdzie:

$N_0$  – początkowy poziom promieniowania próbki,  $N$  – poziom promieniowania próbki po czasie  $t$ ,  $\lambda$  – stała rozpadu,  $t$  – czas pomiaru,  $T_{1/2}$  – okres półrozpadu.

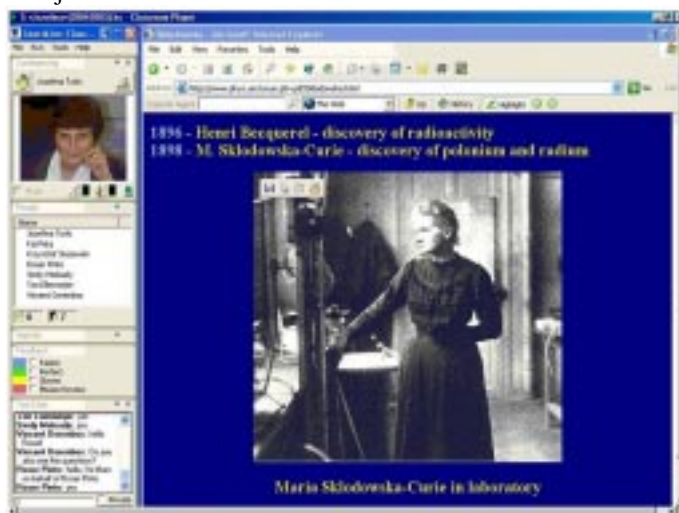
W tym przypadku, aby wyznaczyć okres półrozpadu z dopasowania krzywej eksponencjalnej do otrzymanego z pomiarów wykresu, należy kliknąć na pozycję menu *Statystyka*.

### **Nauczanie o promieniotwórczości na odległość**

Pracownia Dydaktyki Fizyki IF UMK w latach 2001-2004 uczestniczyła w Międzynarodowym Europejskim Projekcie Edukacyjnym STEDE (ang. *Science Teacher Education Development in Europe*). W ramach tego projektu, jedną z 11 grup tematycznych był zespół badawczy, którego zadaniem było stworzenie i przetestowanie przykładowych jednostek edukacyjnych, które mogą być wykorzystane w synchronicznym kształceniu i doksztalcaniu nauczycieli przedmiotów przyrodniczych na odległość. Autorzy publikacji opracowali, przeprowadzili i ocenili zajęcia w "wirtualnej klasie" na temat „Radioactivity around us” (*Promieniotwórczość wokół nas* [19]). Do tego celu wykorzystano pakiet LearnLinc w wersji 6.02, posiadający następujące narzędzia:

- czat, służący do wymiany informacji w formie pisanej,
- przesyłanie głosu on-line (uczniowie i nauczyciel mogą ze sobą rozmawiać),
- zsynchronizowana przeglądarka internetowa,
- tablica, na której można pisać, rysować, wstawiać zdjęcia lub obrazy,
- narzędzie Q&A do konstrukcji testów wielokrotnego wyboru i ich oceny,
- narzędzie do udostępniania dowolnych aplikacji (np. Word, Power Point, Excel i in.),
- zapis przebiegu całej lekcji i możliwość odtworzenia jej z archiwum w dowolnym czasie,
- możliwość odtwarzania filmów i plików dźwiękowych (za pomocą programu Windows Media Player).

Na poniższym rysunku przedstawiamy okno programu LearnLinc zarejestrowane w trakcie wykładu. Zawiera ono zdjęcie wykładowcy, nazwiska słuchaczy, sesję czatu i uruchomiony program Internet Explorer z historyczną fotografią Marii Skłodowskiej-Curie.



Rys. 14. Okno programu do nauczania na odległość

### **Sieć komputerowo wspomaganých mini-laboratoriów przyrodniczych**

W 2004 roku Prof. A. Maziewski z Uniwersytetu w Białymstoku, Prof. H. Szydłowski z Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu i dr J. Turło z UMK w Toruniu uzyskali grant MENiS na realizację pilotażowej akcji wdrożenia wspomaganých komputerowo mini-laboratoriów przyrodniczych do nauczania w 10 szkołach średnich każdego z województw: Podlaskiego, Wielkopolskiego i Kujawsko-Pomorskiego. Dzięki temu powstała swoista sieć projektu (patrz rys. 15).



Rys. 15. Sieć projektu Mini-Lab utworzona przez trzy Uniwersytety w Białymstoku, Poznaniu i Toruniu

W wyniku realizacji projektu powstało ok. 50 propozycji wykorzystania komputera na lekcjach przedmiotów przyrodniczych (<http://ifnt.fizyka.amu.edu.pl/dydaktyka/konkurs/k3w.htm>). Z regionu Kujawsko-Pomorskiego szczególnie wyróżnione zostały następujące prace:

- Coach 5 w realizacji programu fizyki i astronomii w gimnazjum, mgr Stanisław Niedbalski, Toruń,\*
- Badanie swobodnego spadania magnesu neodymowego w rurze plastikowej, miedzianej i aluminiowej, mgr Tadeusz Kubiak, Toruń,
- Monitorowanie procesów kiełkowania i fermentacji przy pomocy technologii informacyjnej, mgr Piotr Fel-ski, Zławieś Wielka,
- Badanie procesu fermentacji mleka z wykorzystaniem zestawu COACH 5, mgr Agnieszka Dyszczyńska, Włocławek,
- Badanie wpływu niektórych leków na pH soku żołądkowego z wykorzystaniem zestawu COACH 5, mgr Agnieszka Dyszczyńska, Włocławek,
- Wyznaczanie względnej przenikalności magnetycznej substancji, mgr Mariusz Kamiński, Toruń,
- Badanie przemiany izochorycznej wspomaganie komputerowo, mgr Waldemar Ganczar, Toruń.

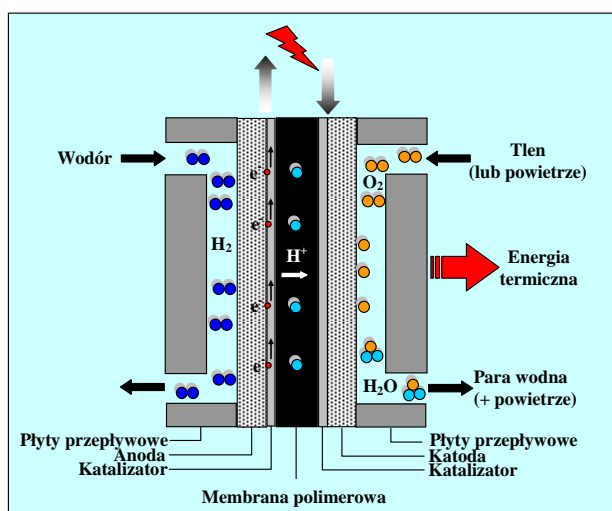
### Badanie przemian zachodzących w ogniwie paliwowym

Ogniwo paliwowe jest wynalazkiem starszym od silnika benzynowego o 40 lat. Wynalazł je już w 1839 r. londyński prawnik i profesor fizyki Sir William Grove w oparciu o swoje odkrycie, że elektroliza wody jest procesem odwracalnym. Już kilka miesięcy później Niemiec Moritz Jacobi zbudował, napędzaną ogniwami paliwowymi łódź, pokazy działania której odbyły się na Newie w St. Petersburgu. Do budowy ogniw konstruktor użył platyny. Przedsięwzięcie okazało się tak drogie, że kolejnych eksperymentów zaniechano, a pierwsze praktyczne wykorzystanie ogniw paliwowych nastąpiło dopiero w roku 1964, kiedy to użyto ich jako źródła energii i wody w kosmicznym programie Gemini.

Odwracalność elektrolizy wody sprowadza się do tego, że gdy dostarczamy do ogniw wodór (paliwo) i tlen lub powietrze, to wewnątrz ogniw zachodzi reakcja elektrochemiczna odwrotna do elektrolizy i w rezultacie otrzymujemy prąd elektryczny, wodę i energię termiczną wg uproszczonej reakcji:



Reakcja ta zachodzi w obecności katalizatora (stąd zastosowanie platyny w łodzi Jacobiego). Obecnie istnieje wiele katalizatorów znacznie tańszych od platyny. Brak spalin czyni tą metodę otrzymywania prądu ekologiczną. Schemat działania ogniw paliwowych został przedstawiony na poniższym rysunku.

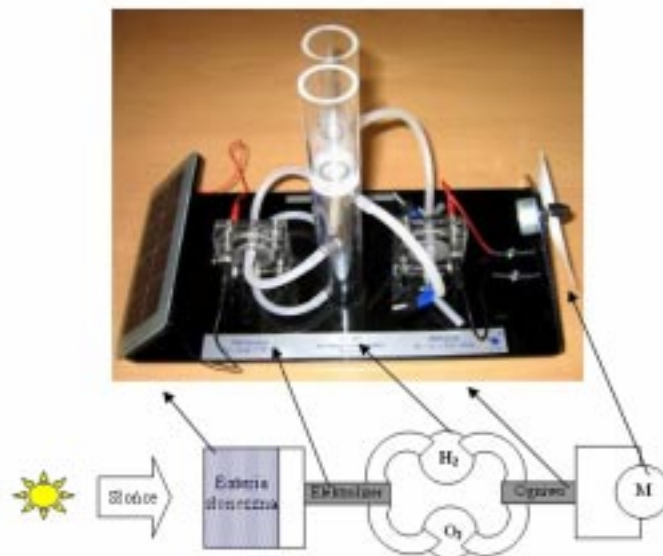


Rys. 16. Schemat działania ogniw paliwowych

W obecności katalizatora wiązanie w cząsteczce wodoru rozrywa się. Powstają jony  $\text{H}^+$  i swobodne elektrony (energia elektryczna). Jony przemieszczają się przez membranę polimerową (najdroższa część ogniw), a następnie łącząc się z cząsteczkami tlenu, tworzą wodę (energia termiczna). Działający układ z ogniwem paliwowym zamieszczono na rys. 17 (m.in. <http://www.h-tec.com>).

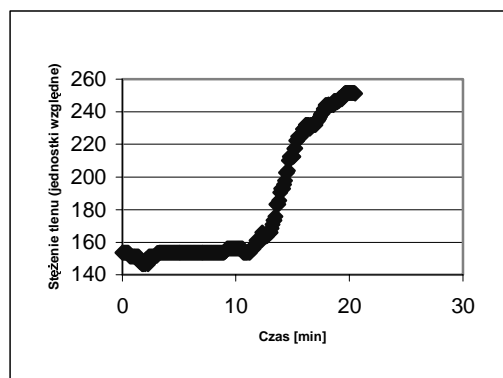
\* Projekt ten w III Ogólnopolskim Konkursie „Komputerowo wspomagany eksperyment szkolny w przedmiotach przyrodniczych” w kategorii „program nauczania wspomagany komputerowo” zajął I miejsce.





Rys. 17. Schemat działającego układu z ogniwem paliwowym

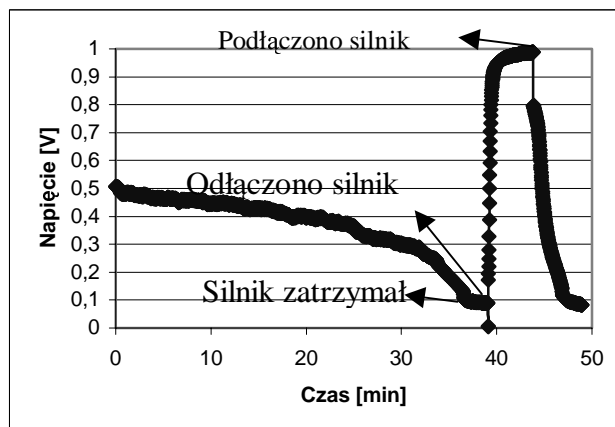
Podczas elektrolizy wody powstaje wodór i tlen, które zbierają się w rurkach zbudowanych z dwu części. W dolnej z nich na początku znajduje się woda. Podczas zbierania się gazów jest ona wypychana do rurek górnych. Za pomocą czujnika tlenu i rejestratora danych LogIT podłączonego do komputera, zmierzono stężenie tlenu w rurce z wodą, w której zbiera się tlen.



Rys. 18. Stężenie tlenu w wodzie podczas elektrolizy

Zgodnie z przypuszczeniami, stężenie tlenu w wodzie rosło w miarę upływu czasu, osiągając w pewnym momencie wartość maksymalną (rys. 18).

Kolejnym doświadczeniem był pomiar napięcia ogniwa podczas pracy podłączonego doń silnika elektrycznego (rys.19).



Rys. 19. Napięcie ogniwa zmierzone w trakcie pracy silnika

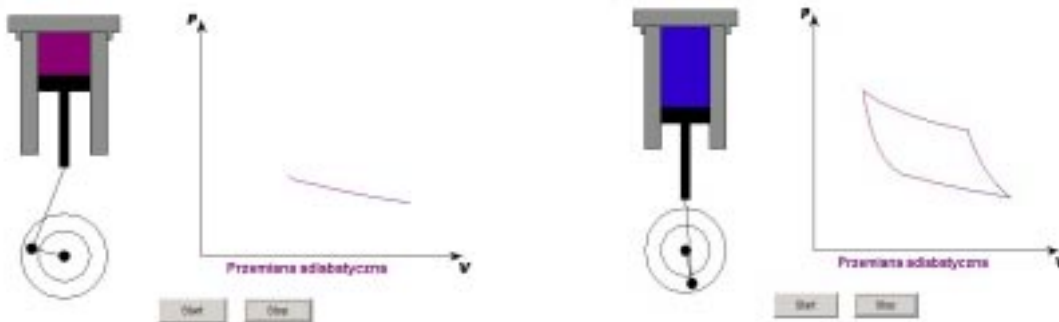
Okazuje się, że  $20 \text{ cm}^3$  wodoru potrafi poruszać mały silnik elektryczny ze śmigiełkiem przez ok. 35 minut. Oczywiście, czas ten wydłuży się, jeżeli wodór produkowany w wyniku elektrolizy będzie przez cały czas doprowadzany do układu.

W najbliższym stuleciu ropy naftowej będzie coraz mniej na świecie. Jej cena będzie nieustannie rosła. Pokłady węgla również niedługo się skończą. W tej chwili jedną z najważniejszych alternatyw uzyskiwania energii elektrycznej sposobem konwencjonalnym wydaje się być ogniwo paliwowe. Technologie produkowania wodoru są jeszcze zbyt drogie, ale wszystko przed nami.

### Symulacje i modelowanie

Podczas realizacji programu nauczania fizyki w szkole średniej często jednak spotykamy się z zagadnieniami, których nie można przedstawić przy pomocy prostych doświadczeń. Wówczas, dla ułatwienia zrozumienia tych zagadnień możemy posłużyć się symulacją komputerową, a interaktywne aplety Javy doskonale się do tego nadają. Przykładem symulowanych procesów będzie np. działanie idealnego silnika ciepłego w cyklu Carnota oraz zachowanie się cząsteczek idealnego gazu w zależności od jego temperatury, które jednocześnie może posłużyć do wprowadzenia pojęcia rozkładu prędkości Maxwella [20]. Natomiast zastosowanie techniki modelowania 3D pozwala na realizację filmów edukacyjnych.

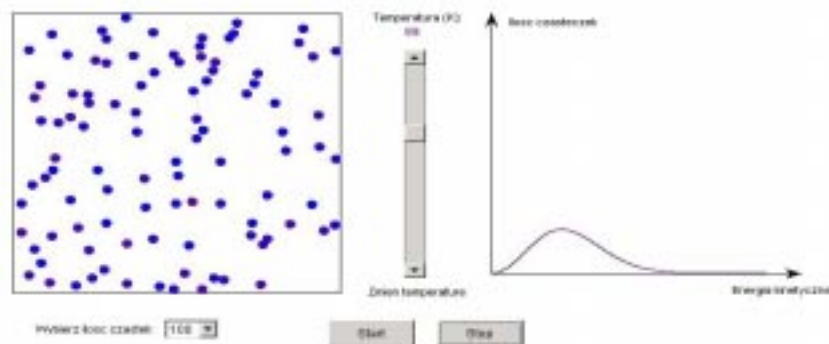
Cykl Carnota opisuje idealny silnik cieplny, przeprowadzenie doświadczenia z takim silnikiem jest bardzo trudne. Symulacja daje nam nie tylko możliwość zrozumienia zasady działania silnika, ale również pozwala zaobserwować przemiany gazu znajdującego się wewnątrz tego silnika (rys. 20). Zamiana ciepła na pracę w sposób periodyczny jest możliwa jedynie wtedy, gdy maszyna cieplna – silnik - pracuje między dwoma zbiornikami o różnych temperaturach  $T_1$  i  $T_2$ . Maszyną taką może być dowolne ciało, najlepiej gaz lub para, zdolne do pobierania energii na sposób ciepła ze zbiorników i do oddawania na zewnątrz pracy.



Rys. 20. Widok apletu ilustrujący pracę idealnego silnika ciepłego pracującego w cyklu Carnota

Symulacja przedstawia naczynie z poruszającym się tłokiem, w którym znajduje się gaz. Ogólny odwracalny proces kołowy, jaki może wykonać tego rodzaju maszyna (zwany cyklem Carnota), składał się będzie z odcinków dwóch izoterm  $T=T_1$  i  $T=T_2$  oraz dwóch adiabat łączących końce tych odcinków.

Do symulacji dobrze nadaje się również zachowanie się cząsteczek idealnego gazu w funkcji temperatury, które może również posłużyć do wprowadzenia pojęcia rozkładu Maxwella prędkości tych cząsteczek. Graficzną postać apletu symulującego zachowanie cząsteczek gazu idealnego w zależności od temperatury przedstawiono na rys. 21.



Rys. 21. Widok apletu symulującego zachowanie cząsteczek gazu idealnego w zależności od temperatury

Obszar apletu podzielony jest na dwie części. Z lewej strony znajduje się obszar przedstawiający cząsteczki gazu idealnego, poruszające się i zderzające pomiędzy sobą oraz ze ściankami naczynia. Symulacja pozwala na wybór

ilości cząsteczek uczestniczących w danej symulacji (10, 25, 50, 100). W prawej części widzimy wykres przedstawiający rozkład prędkości Maxwella czyli energię kinetyczną poruszających się cząsteczek w zależności od ich ilości cząsteczek. W środkowej części natomiast znajduje się suwak, za pomocą którego możemy zmieniać temperaturę gazu w zakresie od 0 K do 300 K. Wraz ze zmianą temperatury prędkość cząsteczek wzrasta lub maleje. Jednocześnie odpowiednio zmienia się zarówno kształt wykresu jak i kolor poruszających się cząsteczek (czerwone zabarwienie przyjmują cząsteczki poruszające się szybciej, a niebieskie te o mniejszej prędkości).

Dzięki zastosowaniu techniki montażu nieliniowego poszczególnych *clipów*, zrealizowanych w technice 3D stworzono model planet Układu Słonecznego, ich księżyców, niektórych asteroid oraz gwiazd. Wykorzystano przy tym dane z archiwum astronomicznego projektu Hipparcos oraz z archiwów NASA, dostępne pod adresem: <http://www.maps.jpl.nasa.gov>. Na orbicie Ziemi umieściliśmy również trójwymiarowe modele statków kosmicznych, takie jak Międzynarodowa Stacja Kosmiczna (ISS) i Kosmiczny Teleskop Hubble'a. Tak więc nasz widz (uczeń) może odbyć wirtualną, ale realistyczną „Podróż do gwiazd” poprzez Układ Słoneczny do granic naszej Galaktyki, a wracając poznać też obiekty orbitujące wokół Ziemi [21].

### Propozycja samooceny wiedzy ucznia z fizyki w Internecie

W ramach europejskiego projektu SOCRATES GRUNDTVIG opracowany został system informatyczny *For Eva* służący do przeprowadzania komputerowego pomiaru i samooceny wiedzy i kompetencji ucznia z fizyki i matematyki po zakończeniu szkoły średniej. Nazwa systemu *For Eva* pochodzi od francuskich słów *Formation* i *Evaluation*, czyli kształcenie i ocena. System ten w polskiej wersji elektronicznej dostępny jest na stronie [http://foreva\\_net.phys.uni.torun.pl](http://foreva_net.phys.uni.torun.pl).

### Literatura

- [1] W. Duch, Fascynujący świat komputerów, Nakom, Poznań 1997.
- [2] M. M. Sysło, Multimedia w edukacji, Materiały Konf. Informatyka w Szkole XVII, 2001, 41.
- [3] S. Juszczak, Edukacja medialna w społeczeństwie informacyjnym, Wyd. Adam Marszałek, Toruń 2002.
- [4] B. Siemieniecki, Technologia Informacyjna w polskiej szkole, Wyd. A. Marszałek, Toruń 2003.
- [5] M. M. Sysło, Internet – medium społeczeństwa informacyjnego; zob. w dziale „TI w edukacji” na stronie <http://www.wsip.com.pl/serwisy/ti/>
- [6] M. J. Kubiak, Jak uczyć na odległość przy pomocy Internetu, Projekt MOVE, W-wa, 1996.
- [7] H. Szydłowski, Fizyczne Laboratorium Mikrokomputerowe, Poznań 1994.
- [8] J. Turło, red., Fizyka z komputerem, Top Kurier, Toruń 1996, 94 strony.
- [9] L. Rogers, New data-logging tools – new investigations, School Science Review, 79, 1997, 61.
- [10] J. Turło, Z. Turło, A. Karbowski, Data Logging in the Environmental Investigations, Proc. GIREP, Proc. of GIREP '96 Conf., Ljubljana, 304.
- [11] R. Frost, The IT in Science Book of Datalogging and Control, ASE, Hatfield 1997.
- [12] A. McFarlane, Badanie wpływu TI w edukacji, Materiały Konf. Informatyka w Szkole XVII, 2001, 1.
- [13] J. Turło, A. Karbowski, G. Osiński, K. Służewski, Z. Turło, Technologia Informacyjna w laboratorium przyrodniczym, PDF IF UMK, Toruń 2001, 98 stron.
- [14] L. Rogers, Integrating Modelling with data-logging – a new approach, Proc. GIREP'2002 Conf., Lund (<http://www.girep.fysik.lu.se/abstracts/fullText/077.pdf>).
- [15] J. Turło i inni, Zmodernizowane komputerowo wspomaganie laboratorium dla nauczyciela przyrody, Mat. Międzyn. Konf.: „Edukacja Matematyczno Przyrodnicza w dobie rozwoju technologii informacyjnych”, Wyd. Top Kurier, Toruń, 2001, 201.
- [16] J. Turło, Fizyka w szkole, Badanie ruchów Browna metodą symulacyjną, 1986, 104.
- [17] J. Turło, Z. Turło, Promieniowanie jonizujące w naszym środowisku, Nauczanie Przedmiotów Przyrodniczych 5, 2002, s. 12.
- [18] K. Wysocki, Komputerowe sterowanie licznikiem Geigera-Müllera, praca magisterska, Toruń 2004.
- [19] J. Turło et. al., Synchroniczne kształcenie nauczycieli przedmiotów przyrodniczych na odległość – projekt STEDE, Współczesna technologia informacyjna i edukacja medialna, Wyd. Marszałek, Toruń 2004, s. 453.
- [20] G. Osiński, D. Sokołowski, Elementy technologii informacyjnej w nauczaniu termodynamiki, Informatyka w Szkole, Wrocław 2004, 496.
- [21] G. Osiński, K. Służewski, Zastosowanie modelowania 3D w nauczaniu fizyki i astronomii, Mat. Konf. Informatyka w Szkole, Szczecin 2003, 331.