

Współpraca uczelni ze szkołami średnimi w nauczaniu fizyki – na przykładzie Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu

Henryk Drozdowski

Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Fizyki, Zakład Optyki,
Zespół Dydaktyki Fizyki

1. Nauczanie fizyki we współczesnym uniwersytecie

W zeszłym stuleciu uniwersytety, w powszechnym rozumieniu i podawanych określeniach, były uważane za instytucje profesorów i studentów, uczonych i uczniów, których głównym zadaniem było pielęgnowanie nauczania i badania, których pierwszą funkcją było uprawianie nauczania, a ich ranga w hierarchii akademickiej zależna była od wkładu wnoszonego przez członków do stanu istniejącego wiedzy i poszerzenia zakresu ludzkiego poznania. Prawdziwą miarą wartości uniwersytetu był wkład, jaki on wносił w postęp nauki i rola, jaką odgrywał w przysposabianiu swoich wychowanków do oryginalnych badań.

Ta preferencja pracy naukowo-badawczej w uniwersytecie osłabiła w wysokim stopniu jej funkcje i obowiązki dydaktyczne w drugiej połowie XX wieku. W ostatnich latach byliśmy świadkami wielkich przemian, jakich doznały nauka i technika zarówno w indywidualnym rozwoju, jak i wzajemnym oddziaływaniu na siebie i społeczeństwo. Ale dopiero ostatnio uświadomiono sobie, że nauczanie fizyki i innych nauk przyrodniczych nie podążyło za ich rozwojem, stanęło w miejscu, a nawet w wielu przypadkach, cofnęło się. Obniżona sprawność nauczania jest niewątpliwie w dużym stopniu wynikiem usuniętego na drugi plan procesu nauczania.

Dzisiejszy uniwersytet nie jest tylko instytucją oddaną nauczaniu i badaniu, lecz wnika głęboko w życie społeczeństwa. Badania naukowe, które były czymś marginalnym w życiu społeczeństw aż po nasz XXI wiek, stają się czynnikiem coraz bardziej dominującym w ekonomii, przemyśle, polityce i socjologii.

Fizyka jest rozwijana na różnych szczeblach, poczynając od badań najbardziej podstawowych, przez badania materiałowe, aż do badań usługowych względem techniki i funkcji oświatowo-popularyzatorskich.

Ogromnemu rozwojowi fizyki w dwudziestym wieku w niewielkim tylko stopniu towarzyszyły zmiany w sposobie nauczania fizyki w uniwersytetach. Wzrastał materiał wykładany studentom, lecz nie zmieniło się jego ujęcie, szczególnie na poziomie wstępnym. Większość podręczników fizyki trzymała się nadal utartego podziału fizyki na szereg odrębnych działów, jak mechanika, ciepło, elektryczność, magnetyzm, optyka oraz fizyka współczesna dodana przez wiek dwudziesty. Fizykę „współczesną” wykladało się po działach „klasycznych”, najczęściej w odrębnych kursach. Wyraźne rozgraniczenie między fizyką „doświadczalną” i „teoretyczną” prowadziło do jednostronnego, „instrumentalnego” bądź „matematycznego”, spojrzenia na wykładany materiał. W metodach nauczania dominował werbalizm, „kreda i tablica”, a braki w wyposażeniu pracowni utrudniały studentom zapoznawanie się bezpośrednio ze zjawiskami fizycznymi, eksperymentem, obserwacją i stawianiem hipotez.

Przewrót w metodach nauczania fizyki w uniwersytetach rozpoczął się stosunkowo niedawno. Niemal jednocześnie w wielu krajach wybitni fizycy zaczęli opra-

cowywać podręczniki, które propagowały nowe metody dydaktyczne, pokazywały, że nawet wstępny kurs fizyki może i powinien być nowoczesny i interesujący. Trzeba tu wymienić znakomite podręczniki: „Feynmana wykłady z fizyki”, pięciotomowe „Wykłady fizyki na Uniwersytecie w Berkeley”, czy też „Fizykę ogólną” Landaua i Lifszycy. W nowym podejściu zerwano z podziałem na tradycyjne działy, zniesiono podział na fizykę klasyczną i współczesną. Fizykę zaczęto przedstawiać jako naukę stale rozwijającą się, a nie jako system doskonały i zamknięty. U podstaw wykładu leży najbardziej uniwersalne prawa przyrody: zasady zachowania, podkreślając ich związek z własnościami symetrii rozważanych układów fizycznych. Zwrócono zarazem uwagę na fakt, że wszelkie procesy w przyrodzie są wynikiem oddziaływań fundamentalnych zachodzących między elementarnymi składnikami materii. Podział wprowadzono tam, gdzie rzeczywiście on istnieje; wyróżniono więc fizykę relatywistyczną i nierelatywistyczną, fizykę kwantową i jej klasyczne przybliżenie. W szczególności, zniesiono sztywny podział na fizykę „doświadczalną” i „teoretyczną”, starając się zachować właściwe proporcje między opisem faktów i metod doświadczalnych oraz matematycznym opisem zjawisk.

Modernizacja procesu nauczania fizyki w uniwersytetach w Polsce wiązała się ze wspomnianymi wyżej tendencjami ogólnościowymi. Jednakże wobec dynamicznego rozwoju fizyki, programy studiów są przedmiotem stałego doskonalenia i zmian. Prace nad ulepszaniem programu studiów i sposobów jego realizacji wciąż trwają, przy czym ostatnio wiele czasu i uwagi poświęcono opracowywaniu szczegółowych programów poszczególnych wykładów specjalistycznych i pracowni fizycznych o określonym profilu badawczym.

Jednym z fundamentalnych zadań uniwersytetu jest kształcenie najwyższej kwalifikowanych kadr dla potrzeb nauki, szkolnictwa i gospodarki. Zasadniczą ideą dydaktyczną jest po pierwsze zapewnienie wszystkim absolwentom Wydziału Fizyki podstawowego zasobu wiedzy w zakresie matematyki i fizyki, po drugie zaś niedopuszczenie do powstania zbyt wąskich specjalności, co prowadzić by mogło do zatracenia wrażliwości intelektualnej a nawet zdolności myślenia twórczego. Te idee są najpełniej realizowane przez ludzi, którzy sami na co dzień stykają się z pracą badawczą, która zawsze zawiera element odkrycia i tajemnicy. Tak więc naturalnym miejscem kształcenia fizyków jest uniwersytet, gdyż tylko tu prowadzone są prace badawcze w szerokim zakresie, aby możliwe było uniknięcie zbyt wąskiej specjalizacji.

Nauczanie fizyki w szkołach średnich na ogół prowadzone jest na niskim poziomie przede wszystkim ze względu na słabe przygotowanie nauczycieli tego przedmiotu, wadliwe programy nauczania, zbyt małą ilość godzin lekcyjnych i złe zaopatrzenie w przyrządy pracowni szkolnych. Sytuacji tej należy przeciwdziałać: przez poprawę kształcenia i doksztalcenia nauczycieli, przez wpływ na program nauczania fizyki w szkole średniej oraz na kształt podręczników szkolnych, a także przez prowadzenie szerokiej popularyzacji fizyki.

2. Jak uczyć skutecznie fizyki?

Uczymy fizyki, bo jest ona bardzo ważna i ciekawa; ale to, że tak jest istotnie musi być we właściwy sposób podkreślone i uwypuklone, aby z kolei skłonić ucznia do dalszego samodzielnego zagłębiania się w przedmiot.

Nie możemy ograniczać się tylko do autonomicznych celów nauczania. Takie podejście wyrwałoby fizykę z całego kontekstu kultury i cywilizacji współczesnej. W konsekwencji zmniejszyłoby oddziaływanie fizyki na społeczeństwo i obniżałoby motywacje do zajmowania się nią.

Sądzę, że we współczesnym świecie doszło do pęknięcia między kulturą humanistyczną a przyrodniczo-techniczną, polegającego nie tylko na braku wzajemnego zrozumienia, na wytwarzaniu odrębnych obyczajowości, oddzielnych kryteriów wartościowania i stylów życia, ale nawet na pewnej wrogości.

Dostrzegam zanik poczucia więzi wzajemnej, które niegdyś było wspólne wszystkim intelektualistom. Istnieje opozycja na gruncie nauk przyrodniczych i technicznych, pomiędzy nastawieniem teoretycznym i praktycznym. Zasadniczym elementem jest tu wybór kryteriów działania. W świecie nauki jest nim sprawdzalność poznawcza, zaś w świecie techniki – skuteczność. Działanie nastawione na skuteczność jest często tak silnie skorelowane z celem, iż pomija inne elementy, niszcząc dobra ekologiczne, estetyczne, a nawet w krańcowych przypadkach moralne. Natomiast działanie w naukach przyrodniczych, zmierzające do ustalenia faktycznego stanu rzeczy, jest często obojętne względem potrzeb gospodarczych chwili obecnej. Te różnice prowadzą do ukształtowania się dwu typów osobowości, między którymi porozumienie wcale nie jest łatwe.

Na gruncie nauk przyrodniczych obserwuje się również rozmaite style myślenia. Między stylem myślenia fizyka i biologa istnieją poważne różnice. Za tymi różnicami mogą stać całkiem odmienne filozofie, a co za tym idzie – odmienne kultury. Świadczy o tym przykład „pra-fizyka” Demokryta i „pra-biologa” Arystotelesa.

W moim przekonaniu, tylko integracja różnych kultur może doprowadzić do jakiegoś nowego modelu cywilizacji kompletnej w XXI wieku.

Chciałbym wyrazić pogląd, że jednym z zasadniczych braków naszej działalności dydaktycznej i popularyzatorskiej jest ukrywanie przed słuchaczem i czytelnikiem tego, że każda nauka, w każdym etapie swego rozwoju oprócz fascynujących osiągnięć, ma wiele luk, braków i niejasności. Nauka graniczy z Tajemnicą, a na tej granicy panuje półcień, w którym nie wszystko jest racjonalne. Często musimy wspierać się intuicją i swoistym smakiem estetycznym. Formułowanie dobrych pomysłowych hipotez nie podlega regułom logiki. Jest procesem heurystycznym, w dużym stopniu intuicyjnym. Jest darem niebios. Stawiając na skrajny racjonalizm jako na zobrazowanie stanu faktycznego nauki, zniekształcamy ją. Zanik poczucia Tajemnicy wobec świata może mieć bardzo poważne konsekwencje ujemne, zmniejszające motywację zachowań badawczych. Usunięcie poczucia Tajemnicy, to likwidacja zarazem człowieka wątpliwego i poszukującego, a zastąpienie go człowiekiem potakującym.

Drugą negatywną konsekwencją rzetelnego przedstawienia nauki jako skończonej doskonałości jest nieuchronny zanik zaufania do niej i do tych, co o niej mówią, z chwilą, gdy jakaś „cegiełka” z tego misternego gmachu okaże się pęknięta. Trzeba więc walczyć z pseudonauką i skrajnym scjentyzmem zarazem, już w szkole. Pseudonauka udaje

pewność tam, gdzie jej nie ma; dyskredytuje pytania, na które w ogóle nauka nie jest w stanie udzielić pewnej odpowiedzi. Wiele problemów, i to o podstawowym znaczeniu, rozwiązuje się nie myśląc, lecz po prostu żyjąc, czując i działając.

Sądzę, że dziś, należy dokonać syntezy dwóch postaw. Należy połączyć postawę poszukiwań z postawą zaufania do tradycji. W nauce zawsze zmierza się do umieszczenia nowego elementu poznania w starej strukturze pojęciowej. Nauka jest jednak budowana na koncepcji zmian minimalnych i korzysta z historycznego dorobku cywilizacyjnego.

Skuteczne nauczanie fizyki w naturalny sposób prowadzi do jej rozumienia jako logicznej całości. Musimy uczniom uświadomić tę jedność. Ta wewnętrzna, logiczna spójność fizyki jest zarówno opisem rzeczywistego stanu rzeczy jak i postulatem metodologicznym. Ilekroć szukamy wyjaśnienia dla zjawiska niezrozumiałego, tylekroć staramy się wyjaśnienie to znaleźć wśród praw już znanych, a nie wymyślać, *ad hoc* całkiem nową zasadę. Niekiedy logiczna jedność fizyki zmusza nas do przebudowy całej fizyki, w świetle jakiegoś nowego ważnego odkrycia. Po powstaniu szczególnej teorii względności oraz odkryciu, że równania Maxwella są niezmiennicze względem transformacji Lorentza i po uświadomieniu sobie ich sensu fizycznego, okazało się rzeczą niezbędną przeformułować całą mechanikę i elektromagnetyzm tak, aby były one także w zgodzie z transformacją Lorentza. Tę właśnie logiczną jedność fizyki musi zrozumieć uczeń w szkole. W przeciwnym wypadku, rodzić się będą różni maniacy, którzy usiłować będą „naprawić” ten czy inny fragment fizyki. Nie wiedząc, że pociągnęłoby to za sobą inne konsekwencje i doprowadziło ostatecznie do wniosków niezgodnych z danymi obserwacyjnymi.

Stawiam postulat, by proces nauczania i uczenia się był podobny do procesu badawczego. Dlatego musimy pokazywać uczniom wszystkie etapy tworzenia teorii naukowej, która pełni funkcję porządkującą wiedzę. Przejście do teorii wyższego rzędu wiąże się z pytaniami „dlaczego tak jest?”. Następuje wówczas formułowanie hipotez, a uzyskana teoria pełni funkcję wyjaśniającą. Następnym działaniem jest sprawdzanie hipotez. W tym celu z hipotez – przez rozumowanie dedukcyjne – wyprowadza się wnioski, które są weryfikowane z rzeczywistością w symulowanych eksperymentach. W takim postępowaniu teoria pełni funkcję przewidyującą. Musimy dbać o to, aby w którymś momencie uczniowie samodzielnie „coś” odkryli. Uczeń musi odczuć trud poszukiwań.

Nie jest ważne, by każdy uczeń wyposażony był w kompletną wiedzę przyrodniczą. Taką znaleźć można w encyklopediach lub na płytach CD. Najważniejsze jest natomiast, by zapewnić właściwe zrozumienie nauk przyrodniczych, w szczególności zaś fizyki i ukazać ich wkład do naszego intelektualnego skarbcza i materialnego życia. Jest to niezwykle istotne, ponieważ nawyk do uczenia się może okazać się w dorosłym życiu naszych uczniów ważniejszy od wyuczonych treści.

Chciałbym teraz omówić konkretną współpracę i działania naszego Zespołu Dydaktyki Fizyki na Wydziale Fizyki UAM ze szkołami średnimi w nauczaniu i popularyzacji fizyki. Zespół naszego Zakładu liczy obecnie 7 osób w składzie: prof. Henryk Drozdowski – kierownik, prof. zw. Henryk Szydlowski – b. kierownik Zakładu Dydak-

tyki Fizyki, dr Grażyna Dudziak – adiunkt, oraz starsi wykładowcy: dr Krzysztof Gębura, mgr Magdalena Latosińska, dr Bogusław Mól, dr Bożena Śniadek.

3. Popularyzacja fizyki na Wydziale Fizyki UAM

- W dniach od 7 marca do 15 marca 2009 roku na Wydziale Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu była zorganizowana wystawa, przygotowana z okazji uruchomienia wielkiego Zderzacza Hadronów, LHC (akronim od Large Hadron Collider), w Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych – CERN. Przedstawiono prezentacje i wykłady, dotyczące fizyki i techniki LHC oraz udziału Polaków w konstrukcji i eksploatacji LHC [1]. W CERN-ie fizycy badają materię za pomocą urządzeń zwanych akceleratorami cząstek. Akceleratory przyspieszają wiązki naładowanych cząstek, a następnie zderzają je ze sobą lub kierują na nieruchomą tarczę, aby stworzyć warunki dużej gęstości energii, podobne do tych, jakie istniały w momencie powstawania Wszechświata.

Wystawę otworzył dziekan Wydziału Fizyki prof. Ryszard Naskręcki, który był inicjatorem całego przedsięwzięcia. Kuratorem wystawy był prof. Henryk Drozdowski [2]. Europejska Organizacja Badań Jądrowych (CERN) powstała w 1954 roku. Stanowi ona modelowy przykład współpracy międzynarodowej, w której uczestniczy 20 państw członkowskich. CERN to największe na świecie laboratorium fizyki cząstek elementarnych, położone po obu stronach granicy francusko-szwajcarskiej, w pobliżu Genewy. W CERN-ie fizycy jednoczą swoje wysiłki w celu zbadania cząstek, z których zbudowana jest materia, i wiążących je sił. Właśnie w CERN-ie stworzono stronę *www* (Word Wide Web), która umożliwia fizykom na całym świecie szybką wymianę informacji. Dziś korzystamy z niej wszyscy.

Wystawa pokazała budowę i działanie oraz wyjaśniła, do czego służą 4 gigantyczne eksperymenty fizyczne w laboratorium CERN. Na najprostszych przykładach wystawa pokazała, jak działają poszczególne elementy skomplikowanej aparatury pomiarowej.

Zwiedzający mogli samodzielnie wykonać doświadczenia przybliżające ich do zrozumienia złożonych procesów badanych w LHC i wykorzystanych do jego budowy. Akcelerator piłeczek pingpongowych, lewitująca kolejka, pomiar własnego napromieniowania, budowanie licznika Geigera – to tylko kilka z dwudziestu doświadczeń pokazowych, jakie można było obejrzeć na tej multimedialnej wystawie.

Wystawa zaprezentowała działanie światowej sieci komputerowej GRID i rolę Poznańskiego Centrum Superkomputerowo–Sieciowego (PCSS) w Ośrodku Nauki PAN, współpracującego z CERN w wielkim międzynarodowym systemie gromadzenia i przetwarzania danych. W ramach wystawy można było zwiedzać serwerownię PCSS, w tym jeden z największych klastrów obliczeniowych przetwarzających dane z LHC.

Przez cały czas trwania wystawy (od 7 marca do 15 marca 2009) działało miniaturowe „kino”, które wyświetlało wykład profesora zw. Wojciecha Nawrocika, ilustrujący wszystkim istotę Wielkiego Zderzacza Hadronów LHC.

Ekspozycja została zorganizowana przy ścisłej współpracy z Wydziałem Fizyki Politechniki Warszawskiej (PW), Instytutem Problemów Jądrowych (IPJ) w Warszawie, Instytutem Fizyki Jądrowej (IFJ) PAN w Krakowie, Akademią Górniczo-Hutniczą (AGH) w Krakowie, Wydziałem Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, Instytutem Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie i innymi instytucjami naukowymi, biorącymi udział w projekcie LHC.

Sponsorami wystawy byli: Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, CERN, Polkomtel – operator sieci Plus, Państwowa Agencja Atomistyki, Studio 64, Pawłowicz i Partnerzy, SONY, Light Shop i IBM.

O skali tej wystawy świadczy fakt, że codziennie omawiało ją i prezentowało doświadczenia pokazowe około 70. pracowników (adiunkci, wykładowcy, doktoranci, studenci z Koła Naukowego Fizyków) z Wydziału Fizyki UAM. Wystawę odwiedziło łącznie 4 356 ludzi, w tym 3 680 uczniów różnych szkół (rejestracja była elektroniczna). Wielkie zainteresowanie wystawą znalazło też odbicie w telewizji i prasie Wielkopolski [3,4].

Pokłosiem tej multimedialnej, interaktywnej wystawy na Wydziale Fizyki UAM były międzynarodowe „Warsztaty” dla młodzieży szkół średnich: 5th International Masterclasses for High School Students – EPPOG (European Particle Physics Outreach Group) zorganizowane we współpracy z CERN [5]. Ponadto na Wydziale Fizyki istnieje też stała i unikatowa wystawa poświęcona teraźniejszości i przyszłości CERN, której twórcą jest prof. zw. Zdzisław Błaszczak z Wydziału Fizyki UAM. Wystawa ta jest jednocześnie miejscem spotkań studentów wydziału.

Sądzę, że organizowanie podobnych przedsięwzięć przełoży się na zwiększenie zainteresowania fizyką wśród młodzieży uczącej się i studiującej. Wierzę, że byliśmy w stanie uczniom przekazać atmosferę zapału i zaangażowania towarzyszącą pracy naukowej.

- Od kilkunastu lat Wydział Fizyki organizuje systematycznie „Wykłady Otwarte” i bierze aktywny udział w „Poznańskich Festiwalach Nauki i Sztuki”, które połączone są ze zwiedzaniem pracowni i zakładów naukowych. Zespół Dydaktyki Fizyki uczestniczy w realizacji doświadczeń pokazowych z fizyki dla uczniów szkół średnich i gimnazjalnych [2]. Celem pracowni dydaktycznej jest nabycie przez studentów i uczniów szkół średnich umiejętności eksperymentowania: przeprowadzania obserwacji i pomiarów, posługiwania się przyrządami pomiarowymi, opracowania danych pomiarowych.

Łączenie zaufania do nauki i jednocześnie krytycznego do niej stosunku jest możliwe tylko wtedy, jeśli się zna granice tego zaufania. Granice te wyznaczone są przez nieuchronną w każdym przypadku niepewność pomiarową. Jest więc rzeczą konieczną uwzględnienie oszacowania niepewności pomiarowej w czasie przeprowadzanych zajęć w pracowni dydaktyki fizyki.

- Ponadto, co roku, na Wydziale Fizyki UAM prof. zw. Zdzisław Błaszczak organizuje dla najmłodszych – z okazji Dni Dziecka – „Świat Fizyki dla dzieci”. Imprezy te cieszą się ogromnym powodzeniem.

4. Projekt „e-Szkoła Wielkopolska – Twórczy Uczeń” we współpracy z UAM

Ze względu na kryzys tradycyjnego modelu szkoły i nauczania, zachodzi konieczność poszukiwania nowych metod zmierzających do indywidualizacji procesu nauczania. Jedną z metod prowadzących do osiągnięcia tego celu jest metoda projektów badawczych. Metoda projektu jest jedną z najciekawszych i najbardziej atrakcyjnych form pracy z uczniem. Istotą tej metody stanowi problem naukowy, czyli pytanie, na które odpowiedź można uzyskać jedynie w wyniku procesu badawczego.

W projekcie „e-Szkoła Wielkopolska – Twórczy Uczeń” uczestniczyli profesorowie kilku wydziałów przyrodniczych UAM, sprawując opiekę merytoryczną nad liderami grup szkolnych.

Celem metody [6] jest samodzielna praca ucznia prowadząca do znalezienia zależności ilościowych poprzez wykonanie pomiarów wielkości fizycznych, oraz ujęcia zjawiska od strony jakościowej. Daje to możliwość dokładniejszego poznania przebiegu zjawiska i rozwinięcie nawyku do eksperymentowania i obserwacji. Uczniowie powinni mieć wpływ na wybór tematu projektu. Pozwoli to uwzględnić ich zainteresowania i możliwości, wyzwoli inicjatywę i motywację do pracy. Nauczyciel powinien pełnić rolę przewodnika i życzliwego doradcy, służyć pomocą, udzielać wskazówek i wyjaśnień. Nade wszystko jednak powinien wyposażyć uczniów w rzetelną wiedzę potrzebną do realizacji projektu. Praca metodą projektu wyzwala kreatywność i samodzielne działanie ucznia, pozwala integrować wiedzę z różnych dyscyplin, powoduje rozwój osobisty i poznawczy ucznia oraz wszechstronny rozwój zainteresowań. Powierzając młodemu człowiekowi odpowiedzialne i konkretne zadania, obdarzamy go zaufaniem. To dyscyplinuje go, motywuje do samodzielnej pracy i poszerzania zainteresowań, dodaje odwagi i podnosi samoocenę. Młody człowiek lubi czuć się odpowiedzialny za swoją pracę pod warunkiem, że będzie życzliwie dopingowany i doceniany.

5. Popularyzacja kosmologii na Wydziale Fizyki UAM

Kosmologia, czyli fizyka Wszechświata daje unikalną szansę na wzbudzenie zainteresowania studentów i uczniów całą fizyką [7]. Od kilkunastu lat kosmologię popularyzuje na Wydziale Fizyki prof. zw. Zbigniew Jacyna-Onyszkiewicz i prof. Henryk Drozdowski. Co więcej, nasi studenci posiadają podręczniki akademickie do studiów tego przedmiotu [8, 9]. Niezależnie, kosmologia jest popularyzowana systematycznie, w ramach „Festiwali Nauki i Sztuki” [10] oraz „Wykładów Otwartych” [11], które organizowane są na naszym Wydziale Fizyki. Kosmologia może w istotny sposób rozbudzić zainteresowania fizyką wśród młodzieży różnych typów szkół, ponieważ zrewolucjonizowała ona naukę i umożliwiła badanie nowych cząstek elementarnych oraz całego Wszechświata.

Skuteczne kształcenie uczniów oraz studentów powinno być głównym celem wszystkich nauczycieli akademickich i traktowane na równi z pracą naukowo-badawczą. Nauczyciel akademicki, który styka się na co dzień z samodzielną twórczością naukową, jest w stanie młodym adeptom nauki przekazać klimat zapału i emocji, które towarzyszą pracy naukowej.

Literatura

- [1] H. Drozdowski, Wielki Zderzacz Hadronów, *Życie Uniwersyteckie*, **3** (186), 20, UAM, Poznań 2009.
- [2] www.pdf.amu.edu.pl.
- [3] M. Nowak, Zanim powstały atomy, *Polska Głos Wielkopolski*, str. 15, 10 marca 2009.
- [4] [4] Zabawa z fizyką, *Polska Głos Wielkopolski*, str. 14, 7–8 marca 2009.
- [5] [5] 5th International Masterclasses for High School Students; EPPOG (European Particle Physics Outreach Group); Discover the world of Quarks and Leptons with real data, Masterclass Ho CERN 2009, WARSZTATY w ZSŁ, dnia 23 marca 2009, Poznań.
- [6] [6] H. Drozdowski, Interdyscyplinarność w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych, wykład na konferencji dla nauczycieli: Jedna szkoła - różne przedmioty - wspólna myśl – strategie nauczania przedmiotów przyrodniczych, Wydział Fizyki UAM i Kuratorium Oświaty w Poznaniu, 23 IX 2009; materiał z konferencji jest dostępny na płycie COMPACT disc, Wydział Fizyki UAM 2009.
- [7] [7] H. Drozdowski, Popularyzacja kosmologii wśród studentów i uczniów, wykład na XL Zjeździe Fizyków Polskich w Krakowie, 40th General Meeting of Polish Physicists, str. 115, Kraków, 6–11.09.2009.
- [8] [8] Z. Jacyna-Onyszkiewicz, Kosmogenez Kwantowa, podręcznik dla studentów fizyki i astronomii, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2008.
- [9] [9] H. Drozdowski, Fizyczny Obraz Świata, podręcznik dla studentów fizyki i innych kierunków przyrodniczych, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2007.
- [10] [10] H. Drozdowski, Promieniowanie tła – Echo Stworzenia, Wykład na XIII Poznańskim Festiwalu Nauki i Sztuki na Wydziale Fizyki UAM 27 V 2009.
- [11] [11] H. Drozdowski, Echo Stworzenia, Wykład Otwarty na Wydziale Fizyki UAM 13 V 2009; [www.fizyka.amu.edu.pl/Wyklady Otwarte–Archiwum Fil-mowe](http://www.fizyka.amu.edu.pl/Wyklady%20Otwarte-Archiwum%20Fil-mowe) 2009.