

Jak zainteresować uczniów fizyką?

Grażyna Kontrym-Sznajd

Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN we Wrocławiu

Katarzyna Sznajd-Weron

Uniwersytet Wrocławski, Wydział Fizyki i Astronomii, Instytut Fizyki Teoretycznej

Artykuł ten powstał na bazie referatu oraz plakatu autorów G. K-S & K. S-W, przedstawionych na XX Jesiennej Szkole *Problemy Dydaktyki Fizyki* (18-21.X.2012, Czeszów) oraz wspólnych opracowań, zarówno przed jak i po Szkole. Postanowiłam jednak (G. K-S) odejść od konwencjonalnej formy i pomimo dwójki jego autorów, napisać go w formie „moje odczucia i komentarze innych”. Uzyskałam na to zgodę Redaktora materiałów, który stwierdził: *może i lepiej, że tekst będzie miał odmienną formę, ze względu na ateoretyczny, nieosadzony w teorii pedagogicznej, charakter uwag Autorki o nauczaniu*. To fakt. Pracuję naukowo w PAN (jako fizyk teoretyk) i nigdy nie zajmowałam się dydaktyką, a ponieważ drugi Autor jest nauczycielem akademickim i czasami mamy nieco odmienne poglądy na nauczanie, taka forma jest chyba najbardziej właściwa.

„Sprawcą” moich zainteresowań nauczaniem była reakcja czytelników na książkę profesora Jerzego Przystawy *Odkryj smak fizyki*, o której jej autor napisał: *przybliżam laikom, nie mającym o fizyce pojęcia, urodę i atrakcyjność tej nauki, daję szansę tym wszystkim, którzy uważają fizykę za naukę nudną, trudną i nieprzystępną, nieco inne o niej pojęcie i wyjaśniam rolę i znaczenie fizyki w poznaniu i rozumieniu świata* [1]. Profesor Przystawa zrobił to po mistrzowsku, o czym świadczą zachwyty internautów nad tą książką [2, 3], jak i jej dodruk. Czytając wpisy internautów, zaszokowały mnie wyjątkowo negatywne opinie na temat fizyki szkolnej – w tym miejscu warto zwrócić uwagę na fakt, że są to opinie osób żądnych wiedzy, skoro sięgnęli po książkę popularno-naukową – na dodatek z dziedziny, którą dotychczas uważali za wyjątkowo nieciekawą. Oliwy do ognia dolał mój wnuk Tomek, który stwierdził: *Podręczniki są pozbawione ścieżki logicznej, nie ma w nich bodźców intelektualnych oraz nie ma nudniejszego przedmiotu od fizyki*. Było to dla mnie szokujące, ponieważ byłam pewna, że Tomek, lubiący matematykę i filozofię, to urodzony fizyk.

Wtedy zainteresowałam się podręcznikami do nauczania fizyki. Podręcznik do 1. klasy gimnazjum, wprowadzający ucznia w świat fizyki, zaczyna się od nauki pomiarów – aż 66 pierwszych stron poświęconych jest pomiarom i towarzyszącym im jednostkom [4]. A potem, w 3. klasie gimnazjum, w której uczeń decyduje się na wybór profilu w liceum (a od tego zależy z kolei wybór przyszłych studiów), m.in. seria zadań na łączenie oporników. W tym miejscu chciałabym podkreślić, że gdybym nie zdawała sobie sprawy z niechęci uczniów do fizyki, uznałabym podręczniki [4] za świetne, ponieważ są rzetelnie opracowane, wydane profesjonalnie oraz zadbane graficznie, co też jest niesłychanie ważne. Patrząc jednak na nie z określonym

nastawieniem rozumiałam, że w dobie komputerów, lotów kosmicznych i szalonego postępu technicznego, obecna podstawa programowa musi być odbierana jako wyjątkowo nudna. Jeśli dodać do tego fakt, że jest na dodatek trudna (trzeba przyswoić masę wzorów, często na wiarę a nie logikę, masę definicji i jednostek), to przestaje dziwić fakt, że fizyka nie jest lubiana. Stąd wniosek, że rozwiązaniem kwestii *zwiększenia liczby studentów na kierunkach technicznych, matematycznych i przyrodniczych, uznanych przez ekspertów za strategiczne dla rozwoju polskiej gospodarki* (Newsletter MNiSW Nr 8/2012) jest m.in. zmiana przestarzałej podstawy programowej [5].

Uczestnictwo w XX Jesiennej Szkole *Problemy Dydaktyki Fizyki* tylko mnie w tym upewniło. Mianowicie:

1 – Od wielu lat rozwijane są metody dydaktyczne, powstają nowe pomoce naukowe, mamy do dyspozycji komputery, rzutnik, a mimo to jest coraz gorzej, tzn. obserwuje się coraz większą niechęć uczniów do fizyki.

2 – Na sesję plakatową Szkoły przygotowałam również plakat [5], na którym była informacja o windzie kosmicznej. Czy taka winda będzie zbudowana i to już za 40 lat? Nawet jeśli to tylko „marzenia” (jakkolwiek takie projekty są źródłem postępu naukowego jak i technologicznego), projekt, który działa na wyobraźnię i pobudza ciekawość, warto z uczniami przedyskutować, tym bardziej, że przy okazji można omówić sporo zagadnień z fizyki - nawet wpływy wiązań krystalicznych na własności materiałów (przejście od kruchego grafitu do nanorurek węglowych).

Plakaty podarowałam jednej z uczestniczek Szkoły, mgr Annie Buchnowskiej. W ramach późniejszej korespondencji dostałam list, w którym Pani Ania napisała: *Choć to niezbyt popularna opinia, to uważam, że nauczycielom trzeba przypominać, że nie tylko o cyfry chodzi, ale o to, aby w uczniach rozbudzić pasję. Na spotkaniu z nauczycielami fizyki zamierzam opowiedzieć o książce „Odkryj smak fizyki” i pokazać Pani plakaty. Plakaty już sprawiają, że uczniowie zadają pytania – wczoraj cały dzień zamiast o tarciu rozmawialiśmy o CERN! Ta dyskusja dała mi wiele do myślenia. Okazało się, że młodzież niewiele wie nie tylko o samym CERN, ale także o tym, co się dzieje na świecie.* Ten list nie tylko sprawił mi ogromną radość, ale upewnił mnie, że zmiana podstaw programowych jest niezbędna.

3 – Wiele osób twierdzi, że za obecny stan rzeczy winę ponoszą nauczyciele – zbyt mało pasjonatów – nawet tytuł tej Szkoły, to *Problemy Dydaktyki Fizyki*. Bądźmy realistami. Dlaczego mają nami rządzić inne prawa niż te, obowiązujące w układach fizycznych? Lekkie drgnięcie: konflikt z dyrektorem szkoły, uczeń, który zniechęci czy kłopoty w domu. I co? Padamy, jak ten ołówek (ramka 1), osiągając stan najniższej energii, który dla każdego układu fizycznego (a więc i dla nas) jest najbardziej korzystny.

Jak zainteresować uczniów fizyką?

G. Kontrym-Sznajd¹ & K. Sznajd-Weron²

¹Institut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Wrocław, ul. Okólna 2; g.sznajd@int.pan.wroc.pl

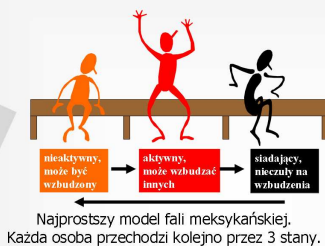
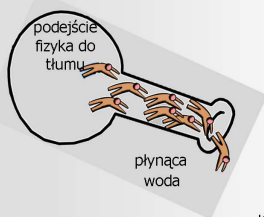
²Uniwersytet Wrocławski, Instytut Fizyki Teoretycznej, pl. M. Borna 9, Wrocław; kweron@ift.uni.wroc.pl

Wiadomo, że fizyka to: chemia fizyczna, biofizyka, astrofizyka, fizyka medyczna

Ale, czy wiadomo, że fizyka to również: ekonofizyka, agrofizyka, socjofizyka i ??



Fizyka wkroczyła w wiele dziedzin, jak np. genetyka, teoria ewolucji, klimatologia, szeroko pojęta komunikacja: od neuronów w mózgu, poprzez komunikacje społeczną do korków w ruchu ulicznym



W panicznej ucieczce człowiek podąża za tłumem. Chociaż drugie wyjście jest prawie wolne, większość tłoczy się przy pierwszym.

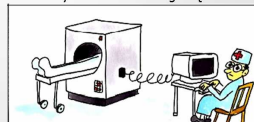


Zanim przejdziemy do omawiania Optyki, przygotujemy prezentację pokazującą różnego rodzaju zjawiska fizyczne występujące w przyrodzie. Opowiedzmy historyjki o wykorzystywaniu tych zjawisk – nawet jakieś czary, mary.....

Badania w CERN, m.in. nowych jąder, zwanych izotopami, są wykorzystywane w przemyśle, rolnictwie, medycynie,....
zaś wiedza o łączeniu się jąder wyjaśnia powstawanie gwiazd.



Wynalazca elektronicznych detektorów* w CERN otrzymał w 1992 r. nagrodę Nobla.



Podobne detektory znalazły zastosowania w szpitalach

Fizyka jest wszechobecna - wpływ badań naukowych na rozwój elektroniki, budownictwa, rolnictwa, diagnostyki i terapii medycznej oraz ... jest nie do przecenienia.

To należy uświadomić uczniom, zanim zaczną się ich uczyć podstaw, które często są nudne. Świadomość, że trzeba przyswoić niezbyt interesujące podstawy, żeby zrozumieć coś, co jest pasjonujące, może spowodować, że nudne stanie się mniej nudne, a może nawet interesujące.

*multi-wire proportional chambers - **Georges Charpak** ur. w Dąbrownicy (dawna Polska, obecnie Ukraina)



Ramka 1. Spontaniczne złamanie symetrii, odpowiedzialne za całą masę zjawisk fizycznych: od przejścia wody w lód do nadania cząstkom masy (pole Higgsa). Dlaczego to prawo nie miałyby rządzić zachowaniami ludzi?

Nie negując ważności rozwijania metod dydaktycznych, w moim odczuciu argumenty przedstawione w punktach 1-3 prowadzą do wniosku, że jeśli chcemy zainteresować uczniów fizyką, **muszą być opracowane nowe ramy programowe, pokazujące (już na poziomie gimnazjum, przed wyborem profilu w liceum) wszechobecność fizyki oraz takie podręczniki, które z zainteresowaniem się czyta.**

Wiele osób się ze mną nie zgadza, np. dr Zofia Gołąb-Meyer, która uważa: „największym gardłem hamującym dostęp do fizyki młodym ludziom są nauczyciele. Poprawę należy zacząć od poprawy ich kształcenia i doksztalcania, od uzdrowienia systemu awansu zawodowego. Nauczyciele muszą być również finansowo motywowani do dobrej pracy. Tajemnicą poliszynela jest, że system szkolny demotywuje do dobrej pracy. Fizyka zbyt szybko się rozwija, by nauczyciel mógł pozostać z wiedzą wyniesioną ze studiów” [6].

To prawda, że nasz system szkolny demotywuje do dobrej pracy, jakkolwiek zgodnie z tym, o czym napisałam powyżej, samo życie też często demotywuje i nie możemy oczekiwać, że dla każdego nauczyciela (choć pasjonatów nauczania na szczęście nie brakuje [7]) nauczanie będzie jednym z najważniejszych celów życia. Nie można zakładać czegoś, co jest nierealne. Natomiast nie zgadzam się z twierdzeniem, że nauczyciel nie będzie przygotowany do nauczania w przypadku zmiennej podstawy programowej (patrz ramka 2).

Ale przecież od nauczyciela nikt tego nie oczekuje!

Dlaczego traktować nauczyciela jako wszechwiedzącą osobę? Takie podejście to zabicie kreatywności ucznia. Dopuszczamy takie sytuacje, w których nauczyciel dowie się czegoś od ucznia - kiedy uczeń zada „niewygodne” pytanie, zaproponujemy: Dobre pytanie, sam chciałbym wiedzieć. Możesz przygotować referat na ten temat?



Ramka 2. Czego powinno się wymagać (a czego nie) od nauczyciela (ze świetnym rysunkiem A. Mleccki).

Skoro nawet fizyk, będący specjalistą w jakiejś dziedzinie, nie ogarnia wszystkich problemów tej konkretnej dziedziny, dlaczego mamy oczekiwać, że nauczyciel powinien znać odpowiedzi na pytania z różnych dziedzin? Na te, z podstaw fizyki, których ma nauczyć, oczywiście tak. Ale na te, dotyczące nowych odkryć bądź nowych dziedzin, w których pracują fizycy, już nie. Jeśli dalej będziemy kurczowo trzymać się takich schematów, to niczego nie osiągniemy – ja odbieram je jako troskę o to, żeby nauczyciel pozostał na piedestale, co w moim odczuciu nie sprzyja rozwijaniu kreatywności ucznia (pozwólmy czasami uczniowi na partnerstwo!).

Jedna z uczestniczek tej Szkoły, dr Joanna Gondek, skomentowała powyższe propozycje następująco: *Wydaje mi się, że zachęcając nauczycieli do włączania uczniów w lekcje, czyli do dyskusji z nimi, osiągniemy więcej niż zachęcając nauczycieli do prowadzenia lekcji w taki sposób by były to opowieści o fizyce popularyzujące ją. To drugie prawdopodobnie się nie uda, choćby z tego powodu, że nauczyciele są rozliczani „z efektów pracy”, a te oceniane są na podstawie „zdawalności egzaminów”, które sprawdzają tylko i wyłącznie umiejętność schematycznego rozwiązywania zadań. (Oczywiście pytanie, jaki ma to sens jest jak najbardziej istotnym pytaniem).* Więc namawiamy nauczycieli przede wszystkim do „bezpośredniego kontaktu z uczniem”, (to za R. Feynmanem, który pisał o nauczaniu fizyki we wstępie do swoich słynnych „Wykładów z fizyki”), do rozmowy o tym, czego dotyczy temat danej lekcji. Jestem sceptycznie nastawiona do „popularno-naukowego” nauczania fizyki, ponieważ najczęściej jest to po prostu „wyciąganie królika z kapelusza”: pokazuje się coś „niezwykłego”, zaskakującego i na tym się kończy. A przecież najważniejsze zadanie fizyki to zrozumienie.

Komentarz dr J. Gondek (autorki wydanego ostatnio podręcznika do fizyki w liceum, który bardzo spodobał się mojemu wnukowi) cenny, bo pozwala mi dokładniej sprecyzować moje propozycje. Mianowicie. Ja nie proponuję sprowadzania nauczania fizyki do formy popularno-naukowej. Pewnych podstaw trzeba nauczyć, to oczywiste. Pytanie tylko ile powinien wiedzieć uczeń kończący gimnazjum, który w przyszłości będzie np. prawnikiem czy filologiem. Czy przypadkiem materiał nie jest zbyt obszerny i czy informuje o tym czym jest fizyka? Jeśli mamy spowodować, żeby więcej uczniów wybrało klasy matematyczno-przyrodnicze, to czasami trzeba wyjąć „królika z kapelusza” po to właśnie, żeby zaciekawić. Przecież, zanim ktoś wyciągnie „królika z kapelusza” musi się nauczyć łatwiejszych sztuczek. O tym m.in. mówi plakat: świadomość, że trzeba przyswoić niezbyt interesujące podstawy, żeby zrozumieć coś, co jest pasjonujące, może spowodować, że nudne stanie się mniej nudne, a może nawet interesujące. Tak więc, trochę solidnej wiedzy i trochę wiedzy popularno-naukowej, również po to, żeby uświadomić uczniom dlaczego warto studiować fizykę. Ponadto, uczeń powinien zdawać sobie sprawę z tego, że: 1⁰ – fizyk może zajmować się m.in. komunikacją neuronów w mózgu [8], korkami na autostradach (sterowaniem ruchu ulicznego), tworzyć prawa socjologii lub symulować zachowania giełdy finansowej; 2⁰ – to głównie fizycy tworzą nowe metody diagnostyki/terapii medycznej (za co otrzymują nagrody Nobla [9]), a nie mogą rozwiązać pewnych problemów (bo istniejący aparat matematyczny na to nie pozwala), tworzyć „nową matematykę”, również na miarę Nobla [10].

Przygotowując z K. S-W referat na XX *Jesienną Szkołę Problemy Dydaktyki Fizyki*, dostałam od Kasi taki list: *Wiesz co? Wiele lat temu, jeszcze przed zmianami w szkolnictwie, też fizyki nie znosiłam. Nie lubiłam jej ani w szkole, ani potem na studiach, kiedy musiałam ponownie ją wkuwać na dwuletnim kursie z podstaw fizyki. Muszę ci przypomnieć, że o ile ze wszystkich przedmiotów matematycznych i teoretycznych miałam 5, to z podstaw fizyki 4!. A mimo to, dlaczego myślę, że studiowanie fizyki ma sens? Wcale nie dlatego, że problemy, którymi zajmują się fizycy są dla mnie takie fascynujące. Pewnie dla wielu są, ale dla mnie znacznie bardziej interesujące są problemy społeczne (np. dynamika opinii) czy ekologiczne (np. wielkie wymierania). Może więc bez sensu skończyłam fizykę (i z rozpędu zrobiłam doktorat i habilitację)? Nie, nie bez sensu. Tak samo jak wielu naszych absolwentów, uważam że **nauka (umiejężna) fizyki zmienia myślenie i spojrzenie na rzeczywistość**. Kiedyś studiował u nas chłopak, który nie dostał się na studia do Akademii Sztuk Pięknych. Poznałam go, gdy był już na 4 roku. Powiedział mi, że przyszedł, żeby przeczekać rok, ale okazało się, że te studia jednak coś mu dają. Stwierdził, że gdyby jeszcze raz miał podjąć decyzję, studiowałby fizykę. Fizyka zmieniła jego spojrzenie na Świat. **Nauczył się tego, że są sprawy bardziej i mniej istotne. Że nawet złożone zjawiska można spróbować zrozumieć**, jeżeli tylko ustalimy jakie czynniki mają największe znaczenie. **Nauczył się też odwagi** – jeżeli problem nie jest dobrze określony, to*

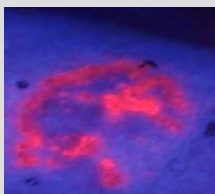
*trzeba po prostu usiąść i chwilę się zastanowić, a nie stwierdzić – tego się nie da. Bardzo podobne odczucia mają inni nasi absolwenci, którzy z powodzeniem pracują nie tylko jako fizycy czy programiści ale również jako menadżerowie firm. Pamiętam jeszcze jedną historię, która pokazuje czego można się nauczyć studiując fizykę. Mój kolega z roku, fizyk teoretyk, pracował po studiach w zespole z informatykiem i matematykiem. Brzmi to jak dowcip, ale tak akurat się złożyło. Gdy przychodził szef i mówił, że trzeba coś zrobić, informatyk zwykle od razu stwierdzał, że on dołączy do roboty wtedy gdy trzeba będzie zaimplementować program. Matematyk zwykle był niezadowolony z tego jak nieprecyzyjny jest szef – nie określił jasno problemu, nad czym tu pracować? Jedynie fizyk zabierał się do pracy. Próbował jakoś uporządkować myśli szefa, sformułować je jako dobrze określone zadanie. Dopiero wtedy do pracy dołączał matematyk. Mogłabym pisać dalej, ale ... nie chcę zająć kolejnych kilku stron. To co chciałabym przekazać, to fakt, że dla mnie **fizyka to sposób patrzenia na rzeczywistość**. Ale zagadnienia, którymi fizyka tradycyjnie się zajmuje, nie leżą w kręgu moich zainteresowań. Dlatego nie jestem entuzjastką i optymistą, gdy myślę o nauczaniu fizyki w szkole.*

Muszę przyznać, że ponownie zostałam zaskoczona – najpierw przez wnuka, teraz przez córkę, bo nie miałam pojęcia, że Kasia w szkole fizyki nie znosiła. Pamiętam, że starałam się wszelkimi sposobami namówić ją na studiowanie medycyny, zrealizowania moich marzeń, które przyszły zbyt późno. Niestety, medycyny nie można studiować zaocznie, natomiast wówczas wielu obecnych dziedzin fizyki, mających związek z medycyną, jeszcze nie było. Teraz jest inaczej – będąc fizykiem, można zająć się badaniem funkcjonowania mózgu człowieka czy np. poszukiwaniem światłowodów, które pozwolą szerzej zastosować metodę fotodynamiczną w diagnostyce i leczeniu chorób nowotworowych (ramka 3). Niewątpliwie to wszystko jest fascynujące, ale, niestety, o takich możliwościach (i wielu innych) uczniowie nie są informowani.

Na zakończenie zwracam uwagę na informacje zawarte w ref. [7]. Czy fakt, że są takie odczucia (i to prawie po 50. latach od zdania matury!), nie nastroja optymistycznie? Dodam od siebie, że z mojej żeńskiej klasy na fizykę poszło nas pięć. ALE! wtedy fizyka nie miała tylu konkurentek, a poza tym od tego czasu dokonał się wręcz niewiarygodny postęp w nauce. Tymczasem podręczniki niewiele się zmieniły (w sensie zawartości materiału) – to uwaga dla tych, którzy uważają, że najważniejszy jest nauczyciel. Owszem, jest ważny, nawet bardzo ważny, ale? Tacy pasjonaci jak moja nauczycielka [7] czy np. uczestnicy tej Szkoły, to wyjątki – bądźmy realistami, tzn. wróćmy do Ramki 1. Poza tym, będąc fizykami, przeprowadźmy eksperyment, a następnie go zinterpretujmy. Reakcja internautów na książkę prof. Przystawy, reakcja uczniów Anny Buchnowskiej na informacje zawarte w plakacie (patrz również zakończenie artykułu [5]), prowadzi chyba do wniosku – **Podstawa, to zmiana ram programowych**. Zanim jednak taka podstawa zostanie ustalona, zanim powstaną odpowiednie

podręczniki, tworzymy (ramka 4) pokazy slajdów popularyzujące jakies zagadnienia – być może w ten sposób stworzymy również bazę, którą będzie można wykorzystać przy pisaniu podręczników.

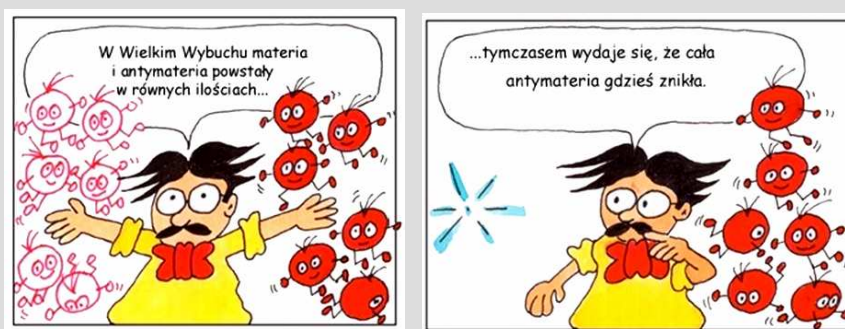
Metoda fotodynamiczna – wykrywanie i leczenie nowotworów za pomocą odpowiednich „barwników” oraz światła.



Choremu podaje się preparat (fotoczułacz), który selektywnie kumuluje się w tkance nowotworowej. Następnie naświetla się określoną okolicę ciała promieniami lasera – fotoczułacz pod wpływem światła fioletowego świeci na czerwono, co pozwala określić kształt, wielkość i położenie zmiany nowotworowej (diagnostyka fotodynamiczna, PDD).

W drugim etapie nowotwór naświetla się promieniami o długości fali dopasowanej do widma absorpcyjnego fotoczułacza (terapia fotodynamiczna, PDT), co generuje wolne rodniki lub tlen singletowy, niszcząc tkankę nowotworową. Diagnostyka i terapia fotodynamiczna mogą być powtarzane wielokrotnie, bez poważnych skutków ubocznych. Mogą też wspomagać inne metody diagnostyczne (np. PET, MRI, USG) jak i terapeutyczne (chemioterapię, radioterapię, zabieg chirurgiczny).

Ramka 3. Metoda fotodynamiczna. Kolejne pole do popisu dla fizyków we współpracy z lekarzami i biologami (fotoczułacz musi być substancją biogenną).



Materiału trochę jest. Jeśli mamy pomysł na opracowanie jakiegoś tematu, tworzymy m.in. pokazy slajdów, umieszczając je np. na stronie pisma Foton. Włączmy w to uczniów – z różnych względów. Pamiętajmy, że strona graficzna przemawia do wyobraźni oraz zapewnia bardziej efektywną naukę.

Ramka 4. Twórzmy wykłady w formie pokazów slajdów. Tu wykorzystano rysunki ze *Świata cząstek*, multimedialnej wersji komiksu *The world of particles*, wydanej z okazji 50. CERN, przetłumaczonej m.in. na język polski.

Podziękowania. Dziękuję Panu Andrzejowi Mleczce za pozwolenie na umieszczenie Jego rysunku (ramka 2) oraz dr A. Bednarkiewiczowi za informacje dotyczące metody fotodynamicznej.

Przypisy

- [1] J. Przystawa, Smak fizyki: *Pomiędzy historią a popularyzacją* (odpowiedź na krytykę Profesora Andrzeja Kajetana Wróblewskiego), kod dostępu: http://www.fizyka.uni.opole.pl/moja_fizyka/numer27/numer27.html.
- [2] Z. Gołąb-Meyer, *Odkrywanie smaku fizyki z profesorem Przystawą*, Foton 116 (2012).
- [3] G. Kontrym-Sznajd, *Jak odkryć smak fizyki*, Postępy Fizyki 63, 42-43 (2012).
- [4] *Świat Fizyki. Podręcznik dla uczniów gimnazjum*, cz. 1, 2, 3, pod red. Barbary Sagnowskiej, ZamKor, Kraków 2009/2010.
- [5] G. Kontrym-Sznajd, *Dlaczego fizyka nie jest lubiana i jak to zmienić?*, [w:] A. Krajna, L. Ryk, K. Sujak-Lesz (red.), *Problemy dydaktyki fizyki*, Oficyna Wydawnicza „Atut” – Wrocławskie Wydawnictwo Oświatowe, Czeszów-Wrocław 2013, s. 47-56.
- [6] Z. Gołąb-Meyer, *Quo vadis polska fizyka – fizyk polski w przyszłości*, Foton 107, Zima 2009.
- [7] Pasjonatką nauczania była moja nauczycielka fizyki, mgr Ludwika Zabłocka. Miała to szczęście, że studiowała w Poznaniu, a fizyki uczył ją prof. S. Szczeniowski oraz A. Piekara. Zadeedykowałam ulubionej nauczycielce artykuł [2], na co Panie z mojej klasy entuzjastycznie zareagowały, przesyłając listy, w których m.in. napisały:

Anna Karpow, chemik: *Zawdzięczamy Pani wszystko: jasne wykłady, ciepły kontakt oraz miłość do fizyki, która towarzyszy nam do dzisiaj. Nasza klasa stała się kolebką fizyków, którzy niejednokrotnie osiągnęli najwyższe laury. Może Pani być dumna z siebie i z nas;*

Krystyna Babraj-Szostek, architekt: *Wdzięczność za zrozumienie fizyki należy się Pani prof. Zabłockiej od całej XI b (matura 1964), albowiem uratowała fizykę w oczach 40-tu dziewczyn, po tym jak tę fizykę zmaltretował Jej poprzednik. Prawa fizyki w szerokim znaczeniu rozumiem i korzystam z nich do dzisiaj (np. w kuchni, w ogrodzie i zawodowo też);*

Jolanta Moskalewicz-Kubiak, inżynier budownictwa: *Najlepsze, co mogło nam się zdarzyć w 10. klasie, to nowy nauczyciel fizyki – PANI PROFESOR L. ZABŁOCKA! Dzięki Niej znowu radośnie czekałam na lekcje fizyki – Jej sposób prowadzenia lekcji, tłumaczenia tematu, a nawet odpytywania z przerobionego materiału był wspaniały! Jej uśmiech i pogodne spojrzenie sprawiały, iż dla mnie lekcje fizyki były poezją, a co bardzo ważne, potrafiłam zrozumieć cały materiał, który wykladała.*

- [8] J. Mozrzyński, *Neurobiologia poznania – próba syntezy osiągnięć nauk przyrodniczych, psychologii i filozofii*, [w:] A. Krajna, L. Ryk, K. Sujak-Lesz (red.), *Problemy dydaktyki fizyki*, Oficyna Wydawnicza „Atut” – Wrocławskie Wydawnictwo Oświatowe, Czeszów-Wrocław 2013, s. 11-26.
- [9] A. M. Cormack i G. N. Hounsfield – fizyk teoretyk i brytyjski inżynier, laureaci Nagrody Nobla w 1979 r. w dziedzinie fizjologii i medycyny – twórcy tomografii komputerowej.
- [10] R.P. Feynman – Jeden z głównych twórców elektrodynamiki kwantowej, laureat Nagrody Nobla w 1965 r. za niezależne stworzenie relatywistycznej elektrodynamiki kwantowej. Feynman wynalazł metodę **upraszczania obliczeń przez rysowanie diagramów** obrazujących proces (tzw. diagramy Feynmana) i przypisywanie im odpowiednich wyrażeń matematycznych. Metoda ta wkrótce stała się jednym z podstawowych narzędzi w badaniach cząstek elementarnych i innych dziedzinach fizyki.