

Praca z uczniem uzdolnionym i zainteresowanym fizyką

Zygmunt Olesik

Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie,
Instytut Fizyki, Zespół Dydaktyki Fizyki i Astronomii

W pracy przedstawiono propozycję modelu rozpoznawania oraz wzmacniania uzdolnień i zainteresowań matematyczno-przyrodniczych uczniów. Omówiono również cechy ucznia uzdolnionego i zainteresowanego fizyką oraz wpływ uwarunkowań genetycznych na te i pokrewne uzdolnienia. Wykazano znaczenie edukacji w rozwoju zainteresowań, zdolności i umiejętności matematyczno-fizycznych w tym rolę neurodydaktyki w procesie kształcenia nauczycieli fizyki i zapobieganiu tzw. wypaleniu zawodowemu. Zaprezentowano również propozycje form i metod pracy oraz tematykę sprzyjającą rozwojowi uzdolnień i pogłębionych zainteresowań z tego zakresu.

1. ROLA TALENTÓW UCZNIOWSKICH I ICH IDENTYFIKACJA

Przeglądając dokumenty związane z kolejnymi reformami oświaty w naszym kraju można zauważyć, że jako cel główny podawany jest rozwój edukacji w Polsce i podniesienie poziomu wykształcenia społeczeństwa, tak by wykształcenie co najmniej średnie stało się bardziej powszechne - (70%) w grupie wiekowej 25 - 45 lat w 2013 r. przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiej jakości kształcenia [1]. Wspieranie i motywowanie rozwoju zainteresowań oraz udzielanie pomocy uczniom wybitnie uzdolnionym (koła zainteresowań, opieka naukowa) to kolejne zadanie współczesnej szkoły [1]. Wydaje się jednak, że zbyt duża liczebność klas, zróżnicowany rozwój intelektualny poszczególnych uczniów oraz system klasowo-lekcyjny powodują nierealność w/w celów i zadań, a ogromny wzrost ilości uczących się na poziomie średnim i wyższym spowodował w nieznanym dotąd wymiarze, kłopoty z jakością edukacji [9, 23, 24].

Debata pod hasłem „Polska czeka na Nobla” zorganizowana przez „Polską Gazetę Krakowską” 16.10.2008 r. w Krakowie, w której wzięli udział naukowcy, przedsiębiorcy oraz politycy z ówczesną minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego prof. Barbarą Kudrycką odbywała się pod hasłami: 1. Polska czeka na Nobla, 2. Czy mamy być społeczeństwem ludzi świątłych czy naszym losem pozostanie jedynie montaż wytworów nauki i techniki? Fizyków i nauki przyrodnicze reprezentowali między innymi ks. prof. Michał Heller i prof. Łukasz Turski.

Prof. Turski wykazał, że zwiększając nakłady na naukę w Polsce nie zwiększamy prawdopodobieństwa otrzymania przez Polaka Nobla (obalił prostą zależność między bezpośrednim wzrostem nakładów finansowych a wzrostem prawdopodobieństwa otrzymania Nobla). Podkreślił rolę identyfikacji ludzi utalentowanych i ich rozwoju na wszystkich poziomach edukacji.

Ks. prof. M. Heller stwierdził, że nie umiemy uczyć i dlatego poziom kompetencji uczniów i studentów z roku na rok spada – obserwacje własne studentów I roku. Jego zdaniem 80% studentów I roku to analfabeci od których wiele wymagać nie sposób. Najlepiej wykształconymi 15-latkami w Europie są Finowie [23].

Potwierdzeniem obniżenia poziomu edukacji mogą być również punktowe progi kwalifikacyjne do finału Olimpiad Fizycznych w kolejnych latach:

- 63 OF 13/14 37/100 62 OF 12/13 34/100
- 61 OF 11/12 44/100 60 OF 10/11 51/100 [22].

Optymizmem w polskiej edukacji na poziomie gimnazjalnym powiało po badaniach PISA 2013 r. – wyprzedziliśmy Niemców i Francuzów. W 2014 r. badania PISA wykazały, że nasza młodzież nie umie rozwiązywać problemów z zastosowaniem nowoczesnych technik informacyjnych. W państwach OECD uczniowie uzyskiwali średnio 500 punktów, w Polsce przeciętnie zdobywali 481 punktów [24]. Zdaniem prof. Stanisława Dylaka, pedagoga z UAM i lidera programu „E-szkoła – moja Wielkopolska”, dowodzi to, że nadal jesteśmy zorientowani na efekt, np. zapamiętanie wzoru, a nie na drogę, którą dochodzi się do wyniku [24]. Przyczyną takiego stanu rzeczy, mówi prof. Dylak są przepełnione klasy i brak czasu na lekcji na samodzielne zdobywanie wiedzy, dlatego nauczyciel tylko wykłada i dyktuje [24].

W takich warunkach uczeń zdolny, rozwiązujący problemy sprawniej staje się często kłopotem na lekcjach. Jeśli jest jeszcze przy tym dociekliwy i zadaje zdaniem nauczyciela pytania wykraczające poza zakres realizowanego tematu, może powodować perturbacje toku lekcji i rodzić szorstki wzajemny stosunek. Prowadzi to do konfliktów szczególnie z nauczycielami o małym doświadczeniu pedagogicznym i szczątkowym przygotowaniu psychologiczno-dydaktycznym jak również z tzw. syndromem wypalenia zawodowego.

Aby przeciwdziałać powstawaniu takich sytuacji (przy obecnych nakładach finansowych) a zarazem sprawić by uczniowie zdolni, rozwijali w sposób maksymalny swoje talenty, potrzeba prócz głębokiej wiedzy merytorycznej i psychologiczno-dydaktycznej, dużego doświadczenia oraz zaangażowania ze strony nauczyciela. Przekonanie, że wybitnie zdolna jednostka poradzi sobie bez pomocy nauczyciela, szkoły, rodziny jest mitem, chociaż zdarzają się wyjątki. Sam talent do przedmiotów matematyczno-przyrodniczych, nie poparty samodzielną pracą to za mało, dlatego młodzieży uzdolnionej w tym kierunku by rozwijać ich zainteresowania i efektywnie prowadzić proces kształcenia, należy zagwarantować bardzo dobrych nauczycieli, właściwą ilość godzin i dobre wyposażenie laboratoriów szkolnych. 21 marca Dzień Odkrywania Talentów – inicjatywa MEN nie może być jedynym takim dniem a granty edukacyjne, fundacje to tylko środki zaradcze, które należy wkomponować w system rekrutacji, pracy i nagradzania zarówno uczniów jak i ich wybitnych nauczycieli.

Potwierdza to również wnikliwa analiza list finalistów i laureatów olimpiad przedmiotowych oraz ogólnopolskiego rankingu szkół średnich prowadzonych

przez różne instytucje i czasopisma (np. „Perspektywy” czy „Rzeczpospolitą”) jak i myśli wielu wybitnych ludzi. Szkoły z samej czołówki tych rankingów, do których trafia młodzież bardzo uzdolniona, odnoszą powtarzalne sukcesy tylko w niektórych olimpiadach, zaś w innych nawet latami sukcesów takich nie osiągają. Oznacza to między innymi, że za wybitnymi osiągnięciami stoi nie tylko uzdolniona i zainteresowana młodzież ucząca się w takich szkołach, ale również wybitni „przedmiotowcy”, utalentowani nauczyciele-pasjonaci, którzy powinni być szczególnie doceniani, w tym również finansowo. Utalentowani uczniowie w przyszłości będą mieli wpływ na postęp cywilizacyjny i techniczny naszego kraju, stanowiąc kadry naukowe oraz wysoko wyspecjalizowane elity techniczne i decydenckie. Ludzie wybitnie uzdolnieni to największe bogactwo każdego kraju.

Talent, geniusz w opinii wybitnych:

- *„Talent jest jak kawałek szlachetnego, ale surowego metalu: dopiero pilna praca go obrabi i wartość mu wielką nada”* (Stanisław Staszic).
- *„Nauką i pieniędzmi drudzy cię wzbogacą, mądrość musisz sam z siebie własną dobyć pracą”* (Adam Mickiewicz).
- *„Geniusz to 5% talentu i 95% ciężkiej pracy”*. (A. Einstein).

Deklaracja Lizbońska – Edukacja włączająca z punktu widzenia młodzieży zaleca, by wybitnie uzdolnionych traktować jako uczniów o specjalnych potrzebach edukacyjnych [11]. Pierwszym etapem do podjęcia pracy z uczniami utalentowanymi jest ich rozpoznanie i wyodrębnienie, gdyż talent jest rezultatem nakładania się kilku różnych elementów: zdolności ogólnych i szczegółowych, warunków środowiskowych, wewnętrznych czynników pozaintelektualnych oraz elementów losowych. Proces rozpoznawania może być utrudniony z różnych przyczyn. Oto niektóre z nich:

- zaniedbania środowiskowe,
- zaległości w nauce,
- niski status ekonomiczny ucznia,
- brak motywacji do uczenia się,
- zaburzenia emocjonalne [4, 5].

Rozpoznawanie i kwalifikację należy tak poprowadzić aby eliminować utrudnienia, a w wątpliwych przypadkach działać na korzyść ucznia dając mu szansę rozwoju swych zainteresowań (nie odrzucać go) – unikniemy wtedy pomyłek. Lepiej wytypować więcej niż kogoś pominąć, a okazji do weryfikacji będzie wiele.

Sytuacjami szkolnymi sprzyjającymi rozpoznaniu uczniów uzdolnionych mogą być:

1. **Szkolna rekrutacja** (analiza nowych osobowości uczniowskich w oparciu o dotychczasowe sukcesy, indywidualne formy nauki jeśli były, dodatkowe zajęcia i opinie nauczycieli uczących). Na podstawie tak zebranych informacji szkolny zespół przedmiotowy opracowuje karty dydaktyczne dla uczniów ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi i być może w przeludnionych klasach,

nie będą gubić się uczniowie wybitnie uzdolnieni, a często słyszane zdanie :„W mojej szkole uczniów zdolnych – zwłaszcza wybitnie zdolnych – nie ma, ponieważ trafiają oni tylko do liceów renomowanych” przejdzie do lamusa.

2. **Pierwsze lekcje z fizyki, autoprezentacja uczniów** – uczniowie prezentują krótko swoje zainteresowania i dotychczasowe osiągnięcia.
3. **Sprawdzian wiedzy i umiejętności na „wejściu” w celu ustalenia tzw. wiedzy dodanej.**

Warto jednak uważać, gdyż sprawdziany i konkursy są zróżnicowane a sukcesy mogą czasami dowodzić jedynie dobrego „rzemieślniczego” przygotowania, tzn. opanowania pewnego zakresu wiedzy oraz zbioru algorytmów i sprawnego posługiwania się nimi.

4. **Wnikliwa obserwacja bieżąca** – radzenie sobie z nietypowymi (nowymi) sytuacjami; Obserwacja rezultatów aktywności umysłowej ucznia, (np. nietypowe rozwiązania problemów – bardzo pomysłowe, oryginalne, zaskakujące, nieprzewidywane przez autorów, ciekawe pytania, intuicja, błyskotliwość w rozwiązywaniu nowych problemów fizycznych, itp.) mogą być efektywnym wskaźnikiem rozpoznawania wybitnych uzdolnień uczniów. Przykładami potwierdzającymi powyższe stwierdzenia są fakty z życia wybitnych uczonych i wynalazców z różnych dziedzin, np. K. Gaussa, M. Faraday’a, N. Bohra, J. Szczepanika („polskiego Edisona”), E. Mpemby, S. Banacha i wielu innych [12, 13, 14, 20].

Dogmatyczne podejście do fizyki ze strony nauczyciela, czasami ironiczny stosunek do spostrzeżeń ucznia – zabija jego dociekliwość, zaś życzliwość, nie niszczy krytycznego i naukowego nastawienia ucznia do danego zagadnienia. Drugą drogą umożliwiającą odkrywanie talentów to pomiar ilorazu inteligencji właściwymi testami psychologicznymi robiony przez specjalistów.

5. **Realizacja tematów metodą projektów** – poszukiwanie wiadomości, wyjaśnień precyzyjniejszych niż podaje nauczyciel lub podręcznik. Wybitnie uzdolnieni uczniowie często nie poprzestają na przyjęciu wyjaśnień nauczyciela i podręczników szkolnych ale zgłębiają tematykę starając się uściślić zagadnienia, skonfrontować własny („roboczy”) tok rozumowania z wyjaśnieniem poprawnym autorytetów w danej dziedzinie, akceptują propozycję otrzymania odpowiedzi na tzw. trudne pytania później gdyż rozumieją, że trzeba ją przemyśleć czy przygotować.
6. **Rozwiązywanie zadań na inteligencję**, tzn. zadań w których wszyscy mają jednakową szansę – nie decyduje wiedza wyuczona z danego przedmiotu a umiejętność logicznego rozumowania.
7. **Rekrutacja do kół przedmiotowych** – zwłaszcza pozaszkolnych. Powinna on obejmować kilka działań:
 - zgłoszenie kandydatury przez ucznia w formie krótkiego listu motywacyjnego;

- dostarczenie opinii nauczyciela uczącego danego kandydata jeśli pozaszkolne koło zainteresowań prowadzi ktoś inny – choć niekoniecznie;
- przesłanie zgody rodziców lub prawnych opiekunów na uczestnictwo dziecka w zajęciach pozaszkolnych wraz z uzasadnieniem;
- rozwiązanie zadania bądź listy zadań kwalifikacyjnych zaproponowanych przez doświadczonego specjalistę w pracy z młodzieżą uzdolnioną przedmiotowo, które pozwolą na identyfikację uzdolnień i predyspozycji oraz zróżnicowanie umiejętności kandydatów.

Zadania te można rozwiązać na specjalnie zorganizowanym spotkaniu rekrutacyjnym lub rozdać je do domu wyznaczając termin oddania rozwiązań. W takim przypadku należy zadbać by zadania były oryginalne lub by rozwiązania nie mogły być łatwo dostępne.

Ułatwieniem w pozyskiwaniu młodzieży utalentowanej i dalszego efektywnego kształcenia może być wykorzystanie zdolności organizatorskich oraz przywódczych niektórych uczniów lub własna inicjatywa prowadzącego zajęcia i nawiązanie współpracy z laureatami olimpiad przedmiotowych, uczelniami wyższymi (pozyskujemy studentów-wolontariuszy chcących współpracować przy realizacji programu – najlepiej naszych byłych uczniów, którzy odnieśli sukcesy w fizyce, w tym laureatów i finalistów olimpiad) [4, 6, 7].

2. CECHY CHARAKTERYSTYCZNE JEDNOSTKI UTALENTOWANEJ W TYM UZDOLNIONEJ Z FIZYKI

Uczeń wybitnie uzdolniony to niekoniecznie ten, który prowadzi wzorowo zeszyty i ma dobre oceny z wszystkich przedmiotów ale jednostka przewyższająca zdolnościami intelektualnymi swoich rówieśników o wysokiej sprawności w sferze działalności umysłowej (wysoki poziom rozumowania analitycznego i syntetycznego) oraz wysokim poziomie ogólnych zdolności (inteligencji) [4, 6].

Wybitne i stale wyróżniające się wyniki oraz osiągnięcia w jakiejś dziedzinie lub potencjalne zdolności do takich osiągnięć, efektywne uczenie się nowych treści - wiedzy, łatwość zrozumienia, zdolność do koncentracji uwagi na treściach abstrakcyjnych, oryginalność w myśleniu i działaniu o charakterze poznawczym, łatwość dostrzegania problemów (wrażliwość na problemy), wytrwałość i satysfakcja z rozwiązań, to cechy jednostek utalentowanych, przejawiające się w obszarach:

- zdolności „akademickich” (ponadprzeciętne uczenie się treści danych przedmiotów oraz nabywanie i rozwijanie umiejętności z tych dziedzin),
- artystycznych,
- technicznych,
- ekonomicznych,
- sportowych, motorycznych,
- społecznych (przywódca talent).

Jednostki ponadprzeciętne na ogół wcześniej niż rówieśnicy opanowują umiejętności czytania i pisanie oraz potrafią z nich korzystać. Uczniowie wybitnie uzdolnieni uczą się samodzielnie, szybciej i wytrwale. Łatwo opanowują i posługują się językiem danej dyscypliny dogłębnie rozumiejąc i zapamiętując nową wiedzę. Widzą sens swojej pracy i realizację życiowych planów, z łatwością opanowują szerszy zakres materiału niż rówieśnicy kierując przy tym własnymi procesami poznawczymi (świadomie poszukując korelacji i związków przyczynowo-skutkowych).

Jednostki utalentowane samodzielnie sięgając po nowe informacje, dążą do odkryć, a w dyskusji wymagają pełnej argumentacji. Charakteryzują się umiejętnościami wnikliwej obserwacji, trafnej i szybkiej reakcji na nowe pomysły, posiadają niezwykłą wyobraźnię, z łatwością stosują się do skomplikowanych instrukcji nabywając nowe, niekiedy trudne umiejętności. Trafniej wykorzystują zdobywaną wiedzę do rozwiązywania problemów dnia codziennego, są na ogół lepsi od rówieśników z matematyki.

Osoby wybitnie uzdolnione to pasjonaci często o wielorakich zainteresowaniach, (problemy natury człowieka, świata, przyrody, filozoficzne), z większym poczuciem humoru, dystansu i wiary we własne siły, dociekliwi oraz systematyczni, a nauka sprawia im przyjemność i radość [10, 11, 17]. Wiele z ww. cech będzie charakteryzować ucznia utalentowanego z fizyki, ale w szczególności powinien on posiadać umiejętność:

- dostrzegania związków przyczynowo-skutkowych przy rozwiązywaniu problemów fizycznych integrujących różne działy fizyki oraz interdyscyplinarnych,
- stawiania hipotez, ich uzasadniania teoretycznego i weryfikacji empirycznej,
- rozwiązywania problemów w sposób prosty, jasny, twórczy,
- właściwego formułowania wniosków na podstawie analizy wyników uzyskanych eksperymentalnie i teoretycznie,
- koncentracji uwagi na rozwiązywanym problemie przez dłuższy czas,
- łatwego uczenia się (od myślenia konkretnego do abstrakcyjnego, spostrzegawczość, dobra pamięć, właściwe tempo pracy, wnikliwa obserwacja, duża wyobraźnia i intuicja, wytrwałość, dociekliwość, systematyczność),
- łatwego przyswajania symboliki naukowej – języka fizyki,
- szybszej eliminacji błędów (selekcja, porządkowanie informacji, nabywanie nowych umiejętności, wiedzy),
- dostrzegania, rozumienia i stosowania pojęć oraz technik matematycznych jak też technologii informacyjno-komunikacyjnych w fizyce.

3. NEURODYDAKTYKA A ZADANIA SZKOŁY

*Jeśli chcesz lepiej zrozumieć człowieka
musisz poznać najpierw jego mózg*

Lashley

Specjaliści w dziedzinie teorii nauczania i uczenia się stawiali odwieczne pytania:

- w jakim % zdolności, talent warunkowane są genetycznie a w jakim środowiskowo (edukacja, wychowanie); dylemat Jensena 1969 r. – o talencie w 80% decyduje dziedziczność [18];
- czy inteligencja się zmienia?

Współcześnie w większości uważa się, że ponadprzeciętne uzdolnienia w połowie warunkuje dziedziczność a w połowie własna praca, środowisko i oddziaływania neurodydaktyczne. Badania z 2001r pod kierunkiem P. Thompsona z uniwersytetu w Los Angeles w Kalifornii dowodzą, że inteligencja nasza jest w dużej mierze zdeterminowana przez geny, przy czym objętość „szarych komórek” zmieniać się może w wyniku umysłowego treningu [21].

Uczenie się wg neurodydaktyki to proces w wyniku którego powstają w mózgu tzw. engramy – nowe ślady pamięciowe, a także przekształceniu ulegają już istniejące, poprzez zmianę aktywności synapsy. Współcześni neurodydaktycy uważają, że nie istnieje jeden sposób uczenia się wszystkiego. Różne struktury mózgowe dominują przy rozwiązywaniu różnego rodzaju zadań i problemów. Inne są zaangażowane w rozwiązywanie zadań matematyczno -fizycznych, inne w naukę czytania, a jeszcze inne np. w naukę definicji. Inaczej nauka przebiega, gdy uczeń nie rozumie przyswajanych pojęć, a inaczej, gdy rozumie ich sens lub wcześniej sam przeprowadzał eksperymenty z ich zastosowaniem. Różne sposoby uczenia się skutkują uaktywnieniem różnych rodzajów pamięci. Psychologowie wyróżniają następujące jej rodzaje: epizodyczną, semantyczną, proceduralną, percepcyjną i prospektywną [20].

Istotne teorie uczenia się w neurodydaktyce to teoria: Lashleya, Hebba i Ecclesa. Teoria Lashleya: cała kora mózgowa odpowiada za proces uczenia się (ekwipotencjalność kory – równorzędność funkcji wszystkich jej pól) Koncepcja rewerberacyjna Heba – uczenie się i pamięć związane są ze zmianami strukturalnymi w obrębie sieci neuronów jako przewodników bodźców. Eccles – uczenie się to zmiany strukturalne w obszarach przed- i postsynaptycznych w korze mózgowej i hipokampie [15, 20].

W ostatnim dziesięcioleciu znacznie rozwinęły się metody obrazowania mózgu żyjącego człowieka. Możliwe jest oglądanie struktury anatomicznej mózgu, co pozwala na wizualizację jego aktywności. Każda półkula stanowi w dużym stopniu samodzielny system, który może funkcjonować niezależnie od systemu leżącego po przeciwnej stronie mózgu. Każda z półkul ma też swój zakres specjalizacji, w której wykazuje wyższość nad półkulą sąsiednią. Uważa się, że obie półkule tworzą pewien dynamiczny system, w którym istotną rolę pełni każda z nich. Prawa półkula to nowe pomysły, twórcze inspiracje, zaś lewa angażuje się w rozpoznaniu zależności między nowym bodźcem a tym co już znane, przy transformacji informacji w słowa, asymilacji nowych informacji, akomodacji, adaptacji, tworzeniu nowych struktur lub modyfikacji już istniejących.

Kora mózgowa posiada ośrodki wyższych czynności mózgowych: ośrodek pamięci, świadomości, pisania, kojarzenia, myślenia, rozwiązywanie problemów, roz-

różnianie wzajemnych relacji, określanie wzorców znaczeniowych. Układ limbiczny: emocje i skojarzenia (zarządzanie pojęciem wartości i osądem prawdy, oddzielenie informacji zbędnych i przekazanie dalej tylko istotnych). Ocena wartości informacji w połączeniu z określonymi emocjami, warunkuje ich zachowanie w pamięci długotrwałej, zaś korelacje leżą u podstaw rozumienia poznawczego. Mózg z pniem mózgu: przetrwanie (gwałtowne reakcje), kontrola funkcji motorycznych (oddychanie, równowaga), ochrona własnego terytorium (przestrzeń osobista, przyjaźń), zachowania partnerskie (przyciąganie uwagi, popisywanie się), doznawanie hierarchii (potrzeba bycia kimś, bycia przywódcą grupy), zachowania instynktowne (łatwe do przewidzenia, powtarzające się), emocje, funkcje zachowawcze, pamięć długotrwała, system immunologiczny, potrzeba snu, jedzenia, pobieranie wody, popęd seksualny, reakcje obrony i agresji, kodowanie śladów pamięci świeżej i uczenia się [11, 16, 17, 21].

Z współczesnych osiągnięć neurodydaktyki wynikają podstawowe zadania szkoły w pracy z młodzieżą utalentowaną:

- zauważyć ucznia uzdolnionego,
- otoczyć go właściwą opieką gwarantującą rozwój uzdolnień poprzez efektywne oddziaływania pedagogiczne (dydaktyczno-wychowawcze), neurodydaktyczne – nauczanie przyjazne mózgowi,
- pomóc w budowie pozytywnego obrazu samego siebie przez wzmacnianie motywacji do nauki i nabieranie przekonania o własnych możliwościach i umiejętnościach,
- rozwijać kompetencje społeczne i emocjonalne w ramach rozwoju kierunkowych uzdolnień ucznia wybitnego (współpraca z innymi, wolontariat w zakresie pomocy innym w nauce, popularyzacja nauki, itd.).

Aby sprostać realizacji tych zadań należy stwarzać w procesie kształcenia sytuacje do rozwijania wszystkich typów inteligencji (językowa, matematyczno-logiczna, muzyczna, przestrzenna, wizualna, kinestetyczna, fizyczna, interpersonalna (społeczna), intrapersonalna, intuicyjna (metapoznawcza) a jeśli już nastąpi identyfikacja talentów rozwijać właściwe przez aktywizację odpowiednich struktur mózgu. Ważne jest, by nauczyciel proces kształcenia prowadził świadomie zgodnie z etapami:

1. Motywacja – zaciekawienie, fascynacja,
2. Zrozumienie,
1. Kodowanie,
2. Przechowywanie w pamięci krótko i długotrwałej,
3. Przypomnienie – odzyskiwanie wiedzy i umiejętności z pamięci,
4. Generalizacja – wykorzystanie wiedzy i umiejętności w nowych sytuacjach, poznawanie nowych strategii,
8. Stosowanie nowych strategii w praktyce,
9. Sprzężenie zwrotne – nowa wiedza na podstawie działań praktycznych [3, 4].

Niech potwierdzeniem wagi neurodydaktyki w nowym spojrzeniu na uczenie, studiowanie będą słowa Tone'yego Buzana, absolwenta University of British Columbia w Kanadzie z 1964 r. (otrzymał dyplomy z wyróżnieniami z psychologii, języka angielskiego, matematyki i nauk ogólnych i może uchodzić za klasyczny przykład rezultatów funkcjonowania „doskonałego systemu szkolnictwa”): „W szkole spędzałem tysiące godzin ucząc się matematyki, tysiące godzin poświęcałem na poznawanie języka i literatury. Kolejne tysiące godzin uczyłem się nauk przyrodniczych, geografii i historii. Potem zadałem sobie pytanie: ile godzin poświęciłem na naukę o tym, jak funkcjonuje moja pamięć? Ile na poznanie sposobu, w jaki działają moje oczy? Ile czasu uczyłem się, jak się uczyć? Ile o tym, jak pracuje mój mózg? Ile godzin zaznajamiałem się z właściwościami myśli i tym, jak wpływają na ciało? A odpowiedź była zawsze taka sama: zero, zero, zero... Innymi słowy, właściwie wcale mnie nie uczono, jak używać głowy [21].

4. METODY I FORMY PRACY Z UCZNIAMI ZDOLNYMI

Praca z uczniem szczególnie uzdolnionym wymaga wyjścia poza ramy dokumentów oświatowych, w tym także podstawy programowej. Niezbędne jest poszerzenie celów oraz sformułowanie zupełnie nowych. Po rozeznaniu potrzeb uczniów należy ustalić indywidualny program, tok nauki, plan pracy (dobór treści, metod nauczania, form organizacyjnych, specjalna opieka naukowa – specjalne klasy, szkoły dla uzdolnionych, indywidualne konsultacje, przedmiotowe zajęcia pozalekcyjne lub pozaszkolne, obozy naukowe, współpraca z uczelnią, warsztaty naukowe, dostęp do Internetu, biblioteki, centrów nauki – eksploratoriów, metody badawcze – problemowe, właściwe oddziaływania wychowawcze – tolerancja dla nietypowości indywidualnie do typu inteligencji i uzdolnień ucznia).

Każde wybitne osiągnięcia indywidualne czy zespołowe winny być, prezentowane, promowane i nagradzane. Nauczyciel – opiekun winien przedstawić młodzieży utalentowanej możliwości stypendialne, grantów (Stypendium Prezesa Rady Ministrów, Stypendium Ministra Edukacji, Krajowego Funduszu na rzecz Dzieci <http://www.fundusz.org>, Towarzystwa Szkół Twórczych <http://www.szkołtworcze.edu.pl>, inicjatywy i stypendia lokalne – marszałka województwa, prezydenta miasta, burmistrza) oraz gdzie się sprawdzić i prezentować swoje osiągnięcia. Współzawodnictwo może być źródłem motywacji.

4.1. Prezentacja osiągnięć uczniów uzdolnionych:

1. Polsko-Ukraiński Konkurs Fizyczny „Lwiątko”.
2. Konkursy zadaniowe prowadzone przez czasopisma „Delta” i „Fizyka w Szkole”.
3. Olimpiada Fizyczna,
4. Turniej Młodych Fizyków,
5. Międzynarodowe konkursy projektów badawczych *Physics for High School*,

6. *The First Step to Nobel Prize in Physics* (pierwszy krok ku nagrodzie Nobla z fizyki),
7. Młodzi Naukowcy Unii Europejskiej (EUCYS, *European Union Contest for Young Scientists*),
8. Lokalne konkursy i Dzień Nauki,
9. Szkolna, międzyszkolna liga zadaniowa, gminna, powiatowa, dzień otwarty, dzień nauki, Dzień Odkrywania Talentów (21 marca) – inicjatywa MEN.

Pracując z młodzieżą uzdolnioną nie należy wywierać nadmiernej presji i nie chwalić przesadnie; życzliwość, rzeczowa argumentacja w dyskusji, obiektywna i sprawiedliwa ocena będą sprzyjać rozwojowi talentów. W pracy z młodzieżą utalentowaną możemy napotkać jednostki wykazujące duże trudności z przystosowaniem społecznym, np. samotność, skrytość; nadmierną próżność, łatwość popadania w konflikty, pełną rezerwy postawę względem otoczenia, przyjmowanie roli obserwatora, a nie uczestnika zdarzeń klasowych, grupowych, skłonność do dominacji, walkę o stopnie, agresywność i skrajny krytycyzm obejmujący kolegów i nauczycieli, brak nawyków systematycznej pracy, lenistwo oraz brak osiągnięć szkolnych. Dlatego wspierając uczniów utalentowanych w rozwijaniu zdolności, umiejętności i zainteresowań matematyczno-przyrodniczych musimy pamiętać o kształtowaniu ich kompetencji społecznych (postaw):

1. Potrzeba ciągłego uczenia się, organizacji pracy własnej (prowadzenie obserwacji i eksperymentów poszerzających wiedzę z nauk matematyczno-przyrodniczych i informatyczno-technicznych w warunkach innych niż szkolne, np. na uczelniach, eksploratoriach);
2. Umiejętności interpersonalne pracy, współpracy i współdziałania w grupie, zespole;
3. Umiejętności wykorzystania i prezentacji zdobytej wiedzy (asystent nauczyciela, pomoc dla potrzebujących uczniów, wspomaganie młodszych i słabszych – działalność charytatywna – wolontariat);
4. Stworzenie możliwości współpracy i poznania się z osobami o podobnych zainteresowaniach;
5. Pomoc w przygotowywaniu młodszych koleżanek i kolegów do konkursów oraz olimpiad przedmiotowych;
6. Kształtowanie umiejętności samodoskonalenia, indywidualnego poszukiwania, zdobywania oraz prezentowania wiedzy i umiejętności, współzawodnictwo;
7. Poznanie kultury, zabytków i piękna Polski;
8. Dbalności o kondycję fizyczną.

5. PRZYKŁADY ZADAŃ

5.1. Zadania, odpowiedzi i szkice rozwiązań [2]

1. Obserwując pływający w szklance z wodą korek, oszacuj masę kuli o promieniu 1 m wykonanej z tego samego materiału:
 - A. poniżej 10 kg
 - B. około 50 kg
 - C. około 100 kg
 - D. około 1000 kgWybierz i uzasadnij właściwą odpowiedź, nie korzystając z tablic gęstości.
2. Dorosły nosorożec przy długości 320 cm waży około 1600 kg. Oszacuj masę małego nosorożca o długości 80 cm?
 - A. około 400 kg
 - B. około 200 kg
 - C. około 100 kg
 - D. około 25 kg
3. W pewnym kraju jednostką mocy jest koperta ($[P] = K$), a jednostką siły – łom ($[F] = \text{Ł}$). W tym samym kraju jednostką czasu jest puszka ($[t] = P$). Są to jednostki podstawowe (Wszelkie podobieństwa opisywanego wymaganego kraju z rzeczywistymi państwami są zupełnie przypadkowe). W tym kraju długość ma wymiar:
 - A. $(K \times \text{Ł})/P$
 - B. $P/(K \times \text{Ł})$
 - C. $(K \times P)/\text{Ł}$
 - D. $(P \times \text{Ł})/K$
4. Kowal dostał 5 kawałków łańcucha po 3 ogniwa w każdym, które trzeba połączyć w jeden łańcuch bez wykorzystywania dodatkowych ogniw. Podaj minimalną ilość operacji jaką musi wykonać kowal aby wykonać to zadanie. [4]
5. Wilk, koza, kapusta - transport małą łódką przez rzekę mogącą pomieścić tylko przewoźnika i jedno z trojga (zad. z VIII w – Alkuin) [12], współcześnie (lis, kura, ziarno). Jak poradzi sobie przewoźnik?
6. Oszacuj masę atmosfery ziemskiej.
7. Zadanie Lucasa – matematyk francuski [12]
„Zakładam, że co dzień w południe wyrusza z Hawru do Nowego Jorku statek i że w tym samym czasie statek tego samego towarzystwa wypływa z Nowego Jorku do Hawru. Przejazd trwa w tę i tamtą stronę równo 7 dni. Ile statków danego towarzystwa, idących w przeciwnym kierunku, spotka statek wyruszający dzisiaj w południe z Hawru”.

8. D2 (LXII OF 2012/13)[22]

Mając do dyspozycji:

- soczewkę skupiającą o ogniskowej około 5 cm (znanej tylko orientacyjnie),
- wysokie naczynie z wodą (np. wannę), linijkę, wyznacz współczynnik załamania materiału, z którego wykonana została soczewka.

Przyjmij, że współczynniki załamania powietrza i wody wynoszą odpowiednio 1 i 1,33. Możesz wykorzystać dostępne źródło światła, np. lampę zamocowaną pod sufitem. UWAGA: Zachowaj ostrożność podczas obsługi jakichkolwiek urządzeń elektrycznych, np. lampy, w pobliżu naczynia z wodą. W szczególności nie dotykaj tych urządzeń mokrymi rękoma.

9. XI OF [22]

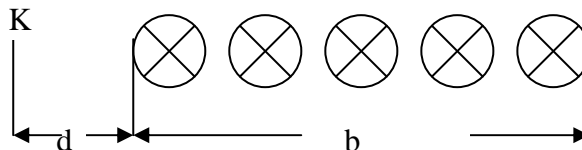
Masz do dyspozycji: naczynie szklane z wodą, kulę drewnianą i linijkę. Wyznacz gęstość drewna z którego wykonana jest kula. *Uwaga. Zakładamy, że przekrój naczynia jest stały.*

10. Tramwaj jedzie po poziomym torze ze stałym przyspieszeniem o wartości 3m/s^2 . W pewnej chwili z sufitu znajdującego się na wysokości 2m na podłodze spada śrubka.

- a) Napisz równania $x(t)$ i $y(t)$ dla śrubki w układzie współrzędnych związanym z wagonem. Zapisz równanie toru w tym układzie odniesienia i narysuj go.
- b) Jak opisz ruch śrubki obserwator stojący na peronie w swoim układzie odniesienia.
- c) Oblicz przyspieszenie śruby względem wagonu i prędkość z jaką uderzy w podłogę.

11. W bardzo długiej cienkiej taśmie o szerokości b , płynie równomiernie rozłożony prąd o całkowitym natężeniu I , skierowany za płaszczyznę rysunku.

Oblicz wartość i kierunek indukcji magnetycznej \vec{B} w punkcie K, położonym w płaszczyźnie taśmy, w odległości d od jego brzeżu – 3 rys.1 (wskazówka: przyjmij, że taśma składa się z wielu bardzo długich cienkich drutów, ułożonych równoległe).



Rys.1; Przekrój taśmy

Szkice rozwiązań zad.1 -3

Ad.1. D.

Intuicyjnie bardzo zaskakująca odpowiedź, ponieważ „korek jest lekki”. Korek zanurza się w wodzie na około 1/4 swojej objętości. Oznacza to, że ρ_k jest mniej więcej 4-krotnie mniejsza od ρ_{H_2O} . Tymczasem kula o $r = 1$ m ma V około 4 m^3 . Gdyby była wypełniona wodą, miałaby masę rzędu 4 ton. Skoro korek ma 4-krotnie mniejszą gęstość, to masa takiej kuli z korka wyniesie około 1 tony. Takie podejście wymaga wyłącznie wykorzystania obserwacji z prezentowanego doświadczenia lub przypomnienia sobie doświadczeń z życia codziennego, bez używania tablic gęstości. W zadaniu chodzi o to, by uczniowie wykazali się tego rodzaju umiejętnościami.

Ad.2. D.

W zadaniu występuje efekt skalowania. Jeśli liniowe rozmiary jakiegoś obiektu maleją k razy, to jego objętość maleje k^3 razy, co najlepiej widać na sześcianie. Każde ciało można w coraz lepszym przybliżeniu rozbić myślowo na dowolnie dużą liczbę małych sześcianików. Skoro mały nosorożec jest 4 razy mniejszy od dorosłego, to jego objętość jest 64 razy mniejsza. Ponieważ gęstości nosorożców dużego i małego są mniej więcej jednakowe, to i masa małego nosorożca będzie około 64 razy mniejsza.

Ad. 3. C.

Zadanie pozwala przemyśleć, w nietypowej sytuacji, problem konstrukcji dowolnego układu jednostek. Rozwiązanie sprowadza się do znalezienia, na podstawie definicji mocy, jej związku z siłą, odległością i czasem. $P = W/t = (F \cdot d)/t$. Stąd $d = (P \cdot t)/F$. Podstawiając podane w zadaniu jednostki podstawowe, uzyskujemy odpowiedź.

5.2. Zadania i problemy fizyczne z zastosowaniem zintegrowanej wiedzy przyrodniczej i technicznej.

1. Jak wyjaśnić zjawisko znikania za linią horyzontu odpływającego od nas statku? Czy możliwe jest ujrzeć statek gdy jest on już za linią horyzontu?
2. Dlaczego szyny kolejowe w oddali zlewają się? (mechanizm widzenia – oko)
3. Gdy patrzymy na oddalające się ze stałą i dużą prędkością przedmioty, to wydaje nam się, że ich rozmiary początkowo szybko maleją, a po pewnym czasie praktycznie przestają się zmniejszać. Wy tłumacz to wrażenie (42 OF).
4. *Elektrownia wiatrowa*: Wiatr wiejący z prędkością v uderza w łopatki turbiny (wiatraka) i przekazuje im w całości swoją energię kinetyczną. Promień ramienia wiatraka wynosi r . Oblicz moc wiatraka zakładając 100% sprawność.

5. Jak zmierzyć wysokość budynku barometrem? – *pytanie jakie na egzaminie otrzymał N. Bohr* [19].
6. Co powinien zrobić człowiek na łódce wypełnionej arbuzy, aby po utracie wiosła na środku jeziora dopłynąć do brzegu [2]? Typowe rozwiązanie: *Wyrzucamy arbuzy przeciwie do zamierzonego kierunku ruchu i dopłyniemy do brzegu.*

Autorzy zadań 5 i 6 oczekiwali innych odpowiedzi niż usłyszeli.

W zadaniu 5 oczekiwano wykorzystania tzw. wzoru barometrycznego a usłyszano o zastosowaniu spadku swobodnego lub zmierzeniu długości nici, do której należy przymocować barometr ostrożnie go opuszczając z dachu tego budynku.

W przypadku zadania 6 autor sądził, że uczeń wybierze i uzasadni rozwiązanie zasadą zachowania pędu – tego się uczył.

Odpowiedź ucznia: nie wyrzucać arbuzy, ale je maksymalnie wykorzystać jako jedzenie i źródło wody. Jednocześnie zaproponował, by wydrążone arbuzy (skórki) wykorzystać jako namiastkę wiosła.

Obaj odpowiadający, jak widać swoimi pomysłami zaskoczyli nauczycieli i początkowo otrzymali za te rozwiązania 0 punktów – dopiero odwołania doprowadziły do uznania ich odpowiedzi jako oryginalnych ale poprawnych.

6. TEMATYKA ZAJĘĆ POZALEKCYJNYCH Z FIZYKI REALIZOWANA Z UCZNIAMI ZDOLNYMI W IX LO IM. CYPRIANA KAMIŁA NORWIDA W CZEŚTOCHOWIE W LATACH 2010-2012

6.1. Tematyka zajęć teoretycznych

1. Mechanika punktu materialnego i bryły sztywnej. Zjawiska w różnych układach odniesienia, dobór takiego układu odniesienia by rozwiązanie problemu było jak najprostsze. Własności środka masy oraz ich zastosowanie do rozwiązywania problemów. Rozwiązywanie zadań w postaci problemów Fermiego – zadania poświęcone szacowaniu rzędu wielkości fizycznych w różnych sytuacjach, (dobór założeń upraszczających i realistycznych danych liczbowych dla danego problemu, unikając nadmiernych szczegółów oraz skomplikowanych obliczeń).
2. Rachunek na jednostkach – analiza wymiarowa jako wstępne sprawdzenie poprawności rozwiązania zadania oraz metody rozwiązania problemów wymagających znajomości bardzo zaawansowanych technik matematycznych lub gdy nasza wiedza o zachodzących w nich zbyt skomplikowanych zjawiskach fizycznych jest bardzo uboga i nie chcemy wnikać w szczegóły ich przebiegu.

Na poziomie szkolnym powyższa tematyka jest przystępnie opracowana w *Fizyce t.1*, J.I. Butikow, A.A. Bykow, A.S. Kondratiew.

3. Grawitacja, elementy astronomii i szczególnej teorii względności. Zastosowanie symetrii do rozwiązywania problemów fizycznych (prawo Gaussa dla pól grawitacyjnego i elektrostatycznego, Ampera dla pola magnetycznego).
4. „Reguła przekory” i jej zastosowanie w zjawiskach fizycznych.
5. Modelowanie zjawisk, układów i procesów fizycznych z wykorzystaniem analogii matematyczno-fizycznych (ruch obrotowy i postępowy, drgania mechaniczne i elektromagnetyczne, akustyka – mechanizm słyszenia, łączenie sprężyn, kondensatorów, rezystorów, zastosowanie do rozwiązywania zadań). Analiza układów oscylacyjnych w różnych obszarach fizyki.
6. Wykresy i metody graficzne jako narzędzia rozwiązywania zadań z fizyki.
7. Zasady zachowania w analizie zjawisk fizycznych.
8. Rozwiązywanie problemów fizycznych z wykorzystaniem metod numerycznych (praca w centralnym polu grawitacyjnym i elektrostatycznym, praca w przemianie izotermicznej i adiabatycznej).
9. Metody znajdowania oporów i pojemności zastępczych złożonych układów elektrycznych. Układy nieskończone w fizyce.
10. Wybrane elementy optyki geometrycznej i falowej. Wykorzystanie narzędzi informatycznych w zjawiskach załamania, w tym ujemny współczynnik załamania, całkowite wewnętrzne odbicie, światłowody, zdolność rozdzielcza – przyrządy optyczne, proces widzenia, widzenie barwne, dyfrakcja i interferencja.
11. Mechanizm równowagi dynamicznej w zjawiskach fizycznych.
12. Budowa materii, fale materii, elementy fizyki atomowej i jądrowej. Wykorzystywanie narzędzi informatycznych, teorii i modeli do przewidywania i wyjaśniania przebiegu zjawisk oraz procesów fizycznych.

6.2. Tematyka zajęć doświadczalnych

1. Rozwój technik pomiarowych, dokładność i niepewność pomiarów wielkości fizycznych wyznaczanych bezpośrednio i pośrednio, identyfikacja źródeł niepewności pomiarowych, szacowanie ich wpływu na wynik końcowy.
2. Statystyczne metody opracowania wyników pomiarów – rachunek niepewności, rodzaje niepewności (systematyczna, bezwzględna, względna), błąd pomiaru, odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru, odchylenie standardowe średniej, poprawka Studenta-Fishera, prawo przenoszenia niepewności, niepewność standardowa złożona, niepewność całkowita jako funkcja niepewności przypadkowej i systematycznej.
3. Graficzna prezentacja wyników badań za pomocą tabel, wykresów (dobór skal, prostokąty niepewności pomiarowych), histogramów, diagramów z wykorzystaniem narzędzi informatycznych i technologii informacyjno-komunikacyjnych. Regresja liniowa, linearyzacja funkcji kwadratowej i wykładniczej, interpretacja fizyczna wykresów.

4. Działania na liczbach przybliżonych, zaokrąglanie wyników, cyfry znaczące, szacowanie rzędu wielkości fizycznych, zapis wyników pomiaru i ich dokładności.
5. Wykorzystanie konwerterów cyfrowo-analogowych i cyfrowych współpracujących z komputerem do rejestracji pomiarów oraz technologii informacyjnej do przekazywania, przetwarzania i analizy danych (budowanie modeli matematycznych zjawisk fizycznych).
6. Budowa narzędzi i stanowisk pomiarowych z wykorzystaniem tzw. przedmiotów codziennego użytku. Eksperymenty jakościowe w tym paradoksy fizyczne, w których uczniowie przewidują i interpretują przedstawiane zjawiska fizyczne.

6.3. Tematyka zajęć matematyczno-informatycznych

1. Wektory i skalary; definicja wektora i skalara, dodawanie, odejmowanie wektorów metody geometryczne, mnożenie wektora przez skalar, rozkładanie wektorów na składowe, dodawanie i odejmowanie wektorów – metoda analityczna. Iloczyn skalarny i wektorowy dwóch wektorów.
2. Rachunek różniczkowy na poziomie elementarnym. Definicja pochodnej, interpretacja geometryczna, obliczanie pochodnych prostych funkcji z definicji, reguły obliczania pochodnych funkcji złożonych (suma, różnica, iloczyn, iloraz), pochodne podstawowych funkcji trygonometrycznych, zastosowania – szczególnie w fizyce.
3. Rachunek całkowy; definicja całki, obliczenie całek jako granic sum, związek pochodnej i całki nieoznaczonej, całka oznaczona, podstawowe sposoby całkowania, całki podstawowych funkcji, całki w zastosowaniach fizycznych. Równania różniczkowe, przykłady zastosowania równań różniczkowych do opisu zjawisk fizycznych.
4. Elementarne pojęcia statystyczne. Rozkład Gaussa, odchylenie standardowe, poprawka Studenta-Fishera.
5. Arkusz kalkulacyjny.

Powyższa tematyka choć wykracza poza podstawę programową z fizyki sprzyjała realizacji celów i zadań szkoły w kształceniu młodzieży uzdolnionej.

7. WNIOSKI

1. Uczniów uzdolnionych traktować jako posiadających szczególne potrzeby edukacyjne. (Deklaracja Lizbońska – Edukacja włączająca z punktu widzenia młodzieży) [11];
2. Zagwarantować młodzieży uzdolnionej bardzo dobrych nauczycieli (utalentowanych, zaangażowanych), właściwą ilość godzin i dobre wyposażenie laboratoriów szkolnych;

3. Nie skracać i nie ułatwiać nadmiernie uczenia się (optymalizować tempo pracy do potrzeb ucznia – niekorzystny wpływ na efektywność procesu kształcenia);
4. Zachęcać uczniów do lektury dobrych podręczników i dobrych poradników skutecznego uczenia się, studiowania;
5. Promować i nagradzać (w tym również finansowo) uczniów i tych nauczycieli, których uczniowie systematycznie osiągają sukcesy w nauce, choć nauczyciel to powołanie.

LITERATURA

- [1] *Strategia rozwoju edukacji na lata 2007-2013*, MENiS, Warszawa, 2005.
- [2] Zielicz W., *Poradnik pracy z uczniem zdolnym w zakresie fizyki w szkole ponadgimnazjalnej*, Ośrodek Rozwoju Edukacji, Warszawa, 2012.
- [3] Eby J.W., Smutny, J.F., *Jak kształcić uzdolnienia dzieci i młodzieży*, WSiP, Warszawa, 1998.
- [4] Karwowski M. (red.), *Identyfikacja potencjału twórczego. Teoria. Metodologia. Diagnostyka*, Wydawnictwo APS, Warszawa, 2009.
- [5] Paitner F., *Kim są wybitni?*, WSiP, Warszawa, 1993.
- [6] Partyka M. (red.), *Modele opieki nad dzieckiem zdolnym*, CMPP-P MEN, Warszawa, 2000.
- [7] Partyka M., *Zdolni, utalentowani, twórczy*, CMPP-P MEN, Warszawa, 1999.
- [8] Rimm S.B., *Bariery szkolnej kariery. Dlaczego dzieci zdolne mają słabe stopnie?*, WSiP, Warszawa 1994.
- [9] Nakoneczna D., *Kształcenie wielostronne stymulujące rozwój uzdolnień*, WSiP, Warszawa 1998.
- [10] Nakoneczna D., *Uczniowie zdolni i ich nauczyciele*, TST, Warszawa 2003.
- [11] Raport EURIDICE, *Wspieranie rozwoju uczniów zdolnych: specjalne rozwiązania stosowane w szkołach w Europie*, 2008, <http://www.eurydice.org/pl/files/zdolny.pdf>
- [12] Jeleński Sz., *Lilavati. Rozrywki matematyczne* (wydanie VIII), WSiP, 1982, Kraków.
- [13] Stein S.K., *Potęga liczb. Matematyka w życiu codziennym*, Wydawnictwo Amber Sp.z. o. o. Warszawa, 1997.
- [14] Lewis J.L. (red.), *Nauczanie fizyki*, PWN, Warszawa, 1982.
- [15] Petlak E., *Neuropedagogika i neurodydaktyka a nauczanie*. „Wszystko dla Szkoły” nr 11, s.12-13, 2008.
- [16] Błasiak W., *Marzenia o teorii nauczania – Perspektywy rozwoju dydaktyki przedmiotów przyrodniczych*, IMPULS, Kraków 1996.
- [17] <http://www.cooperativeindividualism.org>
- [18] Galloway Ch., *Psychologia uczenia się i nauczania*, t. I i II, PWN, Warszawa, 1988.

- [19] Wróblewski A.K. *Historia fizyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- [20] www.news-medical.net/news/2004/05/18/1/Polish.aspx;
- [21] Dryden D., Vos J., *Rewolucja w uczeniu*, przekład B. Józwiak, Poznań 2003.
- [22] www.kgof.edu.pl ; Broszury KGOF z treściami zadań olimpijskich.
- [23] www.polskatimes.pl (Debata o polskiej nauce, 16.10.2008, Kraków).
- [24] Badania PISA 2013, 2014. http://wyborcza.pl/1,75478,15739636,Szko-lo_mamy_problemy_z_rozwiazaniem_problemu.html#ixzz3G1ZfJJBe.