EDUKACJA MEDIALNA
W ŚWIECIE PONOWOCZESNYM
POD REDAKCJĄ
BRONISŁAWA SIEMIENIECKIEGO
TORUŃ 2012

GRZEGORZ P. KARWASZ
ZAKŁAD DYDAKTYKI FIZYKI
UNIWERSYTET MIKOŁAJA KOPERNIKA
TORUŃ

HYPER-KONSTRUKTYWIZM JAKO ODPOWIEDŹ NA HYPER-INFLACJĘ INFORMACJI: TRZY IMPLEMENTACJE W FIZYCE

1. KONSTRUKTYWIZM – PRZESŁANKI

Konstruktywizm, jako idea pedagogiczna, pojawił się w pierwszej połowie ubiegłego wieku, głównie, jak to wynika z prac Jeana Piageta, w wyniku obserwacji psychologii rozwojowej. Adaptacja umysłu dziecka do obiektywnego świata zewnętrznego jest dla Piageta „konstruowaniem rzeczywistości"[1]. W swych ideach o poznaniu Piaget pozostaje pod silnym wpływem Immanuela Kanta. Mimo że poznawanie świata przez nowo narodzone dziecko ma za przedmiot nie skomplikowane konstrukcje filozoficzne, ale najprostsze przejawy rzeczywistości, dla Piageta ma ono te same atrybuty epistemologiczne szukania znaczenia pojęć co praca filozofa. Przestrzeń i czas są w tym poznaniu elementami pierwotnymi. Drugi z pionierów konstruktywizmu, Lev S. Vygotsky,

[1] J. Piaget, *The construction of reality in the child*, Routledge and Kegan Paul, Oxon (UK), 1954.

odwoływał się natomiast do filozofii post-heglowskiej, a dokładniej do filozofii Marksa i Engelsa.

Konstruktywizm znalazł niespodziewany rezonans za Oceanem w ideach społecznych lat 60., w postaci „społecznego konstruowania rzeczywistości"[2]. Ten konstruktywizm społeczny stał się częścią szerszego nurtu postmodernizmu. Praca niniejsza opiera się na konstruktywizmie Piageta, rozwiniętym następnie przez J. Brunera, ale poza te dwa nurty znacznie wychodzi. Jednocześnie zdecydowanie odcinamy się od konstruktywizmu społecznego, prowadzącego potencjalnie do relatywizmu poznawczego, czyli negacji obiektywizmu naukowego.

Po przeniesieniu na grunt amerykański idee psychologiczne Piageta znalazły rozwinięcie w *szerszych* koncepcjach teorii poznania. Jerome Bruner z grupą współpracowników nadał konstruktywizmowi cechy zarówno strategii poznawczych i społecznych, jak i konkretnych recept edukacyjnych. W latach 60. ubiegłego wieku na Uniwersytecie w Harvardzie powstał interdyscyplinarny zespół, składający się psychologów, teoretyków przetwarzania informacji (*information processing*), pedagogów, filozofów, historyków. W ten sposób narodziła się dyscyplina nazywana *kognitywistyką*. W perspektywie lat, sam J. Bruner pisze o tym nurcie tak: „Chcę rozpocząć od Rewolucji Kognitywnej jako punktu wyjścia. Jej celem było odkrycie i formalny opis znaczeń, jakie poszczególne osoby (*human beings*) wytwarzają z ich zderzeń ze światem, a następnie zaproponowanie hipotez, jakie procesy tworzenia znaczeń zaistniały"[3]. Celem badań kognitywistycznych jest nie sama treść i jej konstruowanie, jak to było u N. Chomsky'ego, ale *proces* przetwarzania informacji prowadzący do wytworzenia w umyśle człowieka nowych znaczeń[4].

---

[2] P. L. Berger, L. T. Luckman, *Społeczne tworzenie rzeczywistości*, PIW, Warszawa 1986.

[3] I want to begin with the Cognitive Revolution as my point of departure. Its aim was to discover and to describe formally the meaning that human beings created out of their encounters with the world, and then to propose hypothesis about what meaning-making processes were implicated. J. S. Bruner, *Acts of Meaning*, Harvard University Press, 1990, s. 2.

[4] Early on, for example, emphasis began shirting from "meaning" to "information", from the *construction* of meaning to the *processing* of information; ibidem, s. 4.

W tym znaczeniu, kognitywizm Brunera przygotował podstawy metodologii humanistycznej dla nadchodzącej rewolucji informacyjnej, zob. par. 2.

Dziś kognitywistykę należy utożsamiać nie tylko ze specyficznym nurtem pedagogicznym, ale z nową *rzeczywistością społeczną*, jak to ujął w swej najnowszej monografii Bronisław Siemieniecki[5]. Sterowanie przepływem informacji staje się mechanizmem wpływającym na globalne zmiany w społeczeństwie. Z kolei znajomość procesów przetwarzania informacji pozwala pojedynczemu nauczycielowi na ograniczenie ilości zmiennych wpływających na efektywność dydaktyczną. Istotną rolę w przekazie informacji odgrywa również język oraz niewerbalne środki przekazu informacji.

Minęło kolejne kilkadziesiąt lat, zanim idee Brunera znalazły szerokie poparcie w systemie amerykańskiej edukacji. Tak pisała w 1999 roku S. Goldman: „Przez większą część obecnego stulecia nasz system edukacji zapewniał myślenie w szkole jedynie elitom. Większość uczniów otrzymywała wykształcenie służące jedynie podstawowym umiejętnościom i wiedzy rutynowej"[6]. Szerokie korzystanie z amerykańskich schematów sterowania nauką i edukacją przez rozwijające się struktury zarządzające Unii Europejskiej (Dyrektoriaty) przenosi implementacje konstruktywizmu w specyficzny sposób na grunt europejski. Znajdujemy (uproszczone znacznie) schematy konstruktywizmu amerykańskiego w „efektach kształcenia", „kompetencjach społecznych" itd.

Konstruktywizm jest pozytywnie postrzegany również w polskiej rzeczywistości edukacyjnej, gdzie według niezależnych ocen międzynarodowych OECD połowa nauczycieli deklaruje chęć stosowania me-

---

[5] B. Siemieniecki, *Intoduzione alla pedagogia cognitiva*, Armando Editore, Roma, 2012.

[6] For most of this century, our educational system served only the elite in thinking-centered classrooms. The majority of students received an education aimed at the acquisition of basic skills and routine knowledge, S. Goldman, *Researching the Thinking-Centered Classroom*, in: *Thinking practices in mathematics and science learning*, eds. J. G. Greeno, S. V. Goldman, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 1998, s. 258.

tod konstruktywistycznych w przekazie wiedzy. Tak pisze o konstruktywizmie A. Orczyk:

> Konstruktywizm pedagogiczny jest teorią uczenia się, poznawania i zdobywania wiedzy. Jego podstawą jest założenie epistemologiczne, że to uczeń sprawuje kontrolę nad własnym uczeniem się oraz konstruowaniem znaczeń. Dochodzenie do wiedzy jest procesem adaptacyjnym, w którym następuje organizacja doświadczanego świata. Według epistemologii konstruktywistycznej percepcja rzeczywistości i przekonania są produktem tworzonym samodzielnie przez jednostkę, jak również i przez społeczeństwo. Orientacja konstruktywistyczna przyjmuje założenie, że wiedza jest odkrywana i reodkrywana, konstruowana i rekonstruowana przez uczącego się. Uczniowie poszerzają swoje możliwości tworzenia i kreowania indywidualnej wiedzy, która jest dla nich zrozumiała. Filozofia konstruktywizmu osadzona w poznawczej koncepcji człowieka, zakłada, że uczeń jest samodzielnym i aktywnym podmiotem, który korzystając z różnych źródeł informacji konstruuje swój własny system wiedzy i swoją osobowość. Uczący się sami tworzą wiedzę, która w nich rezyduje i dlatego wiedza osobista ma charakter tak indywidualny, jak różne są osobowości uczących się. Nauczyciel nie jest im potrzebny jako źródło wiedzy, lecz jako osoba, która stawia zadania poznawcze, doradza, motywuje i kieruje różnymi rodzajami aktywności ucznia. Teoria konstruktywizmu wymaga od nauczyciela umiejętności osadzenia czynności uczenia się ucznia w kontekście jego indywidualnej wiedzy. Dydaktyczne implikacje takiego podejścia wyrażają się w tworzeniu przez nauczyciela warunków do konstruowania wiedzy przez ucznia, który jest aktywnym badaczem, odkrywcą, autorem pytań[7].

W obecnej pracy wychodzimy poza tak rozumianą definicję konstruktywizmu. Niebywała w historii ludzkości, a zaistniała w ostatnim dziesięcioleciu łatwość w (internetowym) dostępie do wiedzy jest powodem zagubienia ucznia w natłoku informacji. Czyni to ponownie *nauczyciela* kluczowym elementem systemu edukacji – uczeń wymaga

[7] A. Orczyk, *Zarys historii szkolnictwa i myśli pedagogicznej*, Wyd. Akademickie ŻAK, Warszawa 2008.

przewodnika w gąszczu niespójnych merytorycznie i dydaktycznie informacji. Nauczyciel musi jednak zmienić sposób pracy – już nie prosty przekaz, wiedzy, ale jej wspólne poszukiwanie w mikrospołeczności dzieci i/lub młodzieży.

W pracy przedstawiamy zasadnicze założenia tej strategii nazwanej przez nas hyper-konstruktywizmem oraz trzy, przykładowe implementacje praktyczne w zakresie fizyki – na szczeblu szkoły podstawowej, gimnazjum i liceum. Implementacje te, mimo słabości polskiego systemu edukacji, przyniosły wymierne efekty dydaktyczne, wzbudzające zainteresowanie również w kontekście międzynarodowym[8].

2. Hyper-inflacja informacji

Pierwotne, medyczne znaczenia słowa „inflacja" to *opuchlizna*. W znaczeniu ekonomicznym przyzwyczailiśmy się utożsamiać inflację z mniejszym lub większym wzrostem cen. Dzisiejszą, powszechny dostęp do dużej części światowych zasobów informacji oraz lawinowy przyrost tej informacji[9], powinniśmy nazwać hyper-inflacją informacji.

Implementacja konstruktywizmu nałożyła się w czasie z niespotykaną w historii ludzkości rewolucją informacyjną, tworzącą zupełnie nowe uwarunkowania makro-społeczne[10]. Umiejętność przekazu informacji *Homo sapiens sapiens* udowodnił już 28 tys. p.n.e., wypełniając (praktycznie wszystkie) groty w południowo-zachodniej Francji rysunkami współmieszkańców puszczy[11]. Ustny przekaz słowa literac-

[8] G. Karwasz at al., *Physics research coming into school, On the Track of Modern Physics*, GIREP- EPEC Conference "Frontiers of Physics Education", Conference Proceedings, ed. by R. Jurdan-Sepic, Faculty of Arts and Science, University of Rijeka (2008), s. 140.

[9] Przykładowo, informacja o trzęsieniach ziemi nie jest już kontrolowana przez osoby: tysiące stacji sejsmologicznych na świecie zbiera informacje w sposób automatyczny i udostępnia je w sieci. Na większości z tych zbiorów widnieje informacja: "These data has never been checked by humans".

[10] Zob. B. Siemieniecki, op. cit.

[11] J. Jaubert, *L'«art» pariétal gravettien en France: éléments pour un bilan chronologique*, Paleo 20/2008, s. 439, http://paleo.revues.org/index1635.html#tocto2n3

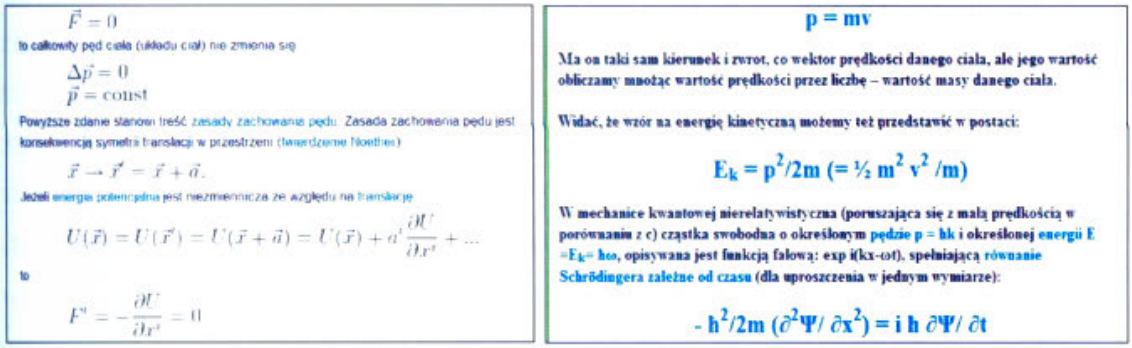
kiego, zapewne z przesłanek życia codziennego, tak gdzieś 3 tysiące lat p.n.e. został zastąpiony pismem – pracochłonnym i drogim. Jeszcze we wczesnym średniowieczu starożytne pergaminy były „nadpisywane"[12]. Wynalazek papieru i druku w niewielkim stopniu, początkowo, zmienił dostępność wiedzy. Przez pierwsze dziesięciolecia po wynalazku Gutenberga nadal więcej ksiąg było przepisywanych niż drukowanych. Dzieło Kopernika wyszło w nakładzie 230 egzemplarzy.

Koniec XX wieku przyniósł radykalną rewolucję w *zapisie* informacji. Jedna płyta CD (o pojemności 700 MB) odpowiada 35 tysiącom stron ze znakami, takich ja ta. Na kilkudziesięciu płytach CD można zawrzeć *cały* dorobek literacki starożytności. Pamięć podręczna wielkości paznokcia mieści kilkanaście płyt CD. Zapis informacji nie oznacza jednak *dostępu* do informacji. Tu zasadniczą rewolucję przyniósł początek XXI wieku. Dzięki genialnym wręcz algorytmom matematyczno – informatycznym, wyszukiwarki typu Google w ułamku sekundy przeczesują miliardy zbiorów w poszukiwaniu zadanego hasła. Wikipedia stała się rodzajem „zbiorowej mądrości" młodszej części ludzkości – napisane hasła mają najwyższy walor *poprawności naukowej*. Niestety, jak to pokazujemy dalej, gorzej z ich funkcją *dydaktyczną*. Trzecim elementem, wartym wymienienia, w rewolucji pierwszych lat XXI wieku jest transkrypcja na zasoby cyfrowe literatury światowej (projekt „Gutenberg") i udostępnienie ogromnej liczby książek w Google-Books. Nadal pozostaje płatny dostęp do naukowych czasopism specjalistycznych, ale obok typowych tytułów (jak „Journal Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics") ci sami wydawcy udostępniają nowe czasopisma („New Journal of Physics") pokrywające tematycznie te same dziedziny, ale w pełni dostępne w Internecie. Pojawienie się nowych podmiotów wydawniczych z krajów takich jak India i Chiny zmienią tę sytuację jeszcze bardziej: dostęp do informacji staje się coraz bardziej powszechny.

Niestety, dostępność informacji nie przekłada się na makro-społeczną efektywność systemów edukacji. Powodem jest, paradoksalnie, właśnie ta wszech-dostępność i rozproszony sposób powstawania

[12] W taki sposób, przez średniowiecznych kopistów zostało nadpisane epokowe dzieło matematyczne Archimedesa *Palimpsest*.

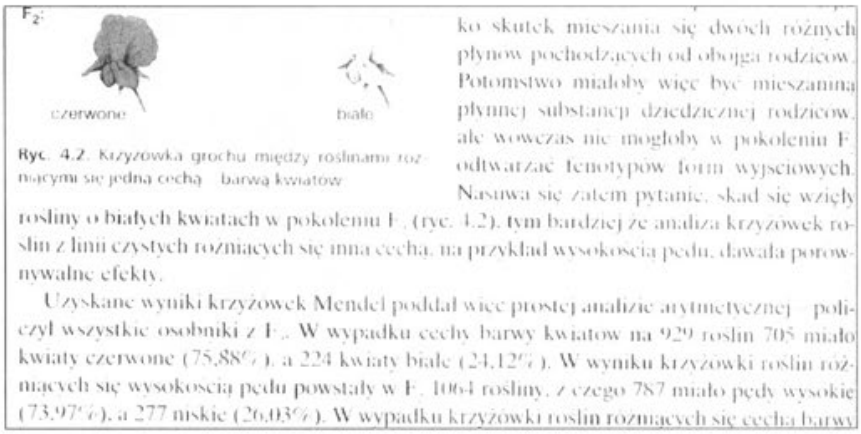
„wiedzy" w Internecie. Wpisanie jakiegokolwiek hasła w Internecie jak fizyczny „pęd" daje setki tysięcy, jeśli nie miliony, odpowiedzi. Większość z tych odpowiedzi, nawet pochodzących z bezsprzecznie renomowanych źródeł, jest dydaktycznie nieefektywna – zbyt skomplikowana, niejasno wyjaśniona, obfitująca w symbolizm matematyczny, bez odnośników do rzeczywistości. W ten sposób hasła w Wikipedii dobrze oddają wiedzę ich autorów, ale nie bardzo pozwalają uczniowi na konstruowanie wiedzy własnej, zob. ryc. 1.



Ryc. 1. Hyper-inflacja informacji powoduje, że nawet najprostsze pojęcia stają się na stronach internetowych kompletnie niezrozumiałe, nawet dla studentów danego przedmiotu; tu pokazujemy hasło „pęd" z dwóch renomowanych źródeł[13]; oba opisy korzystają już na samym początku z bardzo zaawansowanego formalizmu matematycznego, a przez to są, dla przeciętnego użytkownika Internetu, w dużej mierze *bezużyteczne*

Krytyka nie dotyczy bynajmniej tylko fizyki i tylko Internetu. Podręczniki szkolne stały się, szczególnie w Polsce, swego rodzaju „składowiskiem" możliwych do przytoczenia danych, bez myśli przewodniej i elementów krytycznej oceny. Na ryc. 2. przytaczamy przykłady z dwóch podręczników na poziomie licealnym, z renomowanych polskich wydawnictw. W podręczniku do biologii jest podanych mnóstwo szczegółowych liczb, które w rzeczywistości odpowiadają prawu Mendla dziedziczenia krzyżowego, z częstością występowania określonej cechy ¼ i ¾. Podręcznik z historii, w bardzo nieudolny sposób próbuje dokonywać analizy ekonomicznej wzrostu cen, który w rzeczywistości jest zwykłą zależnością liniową.

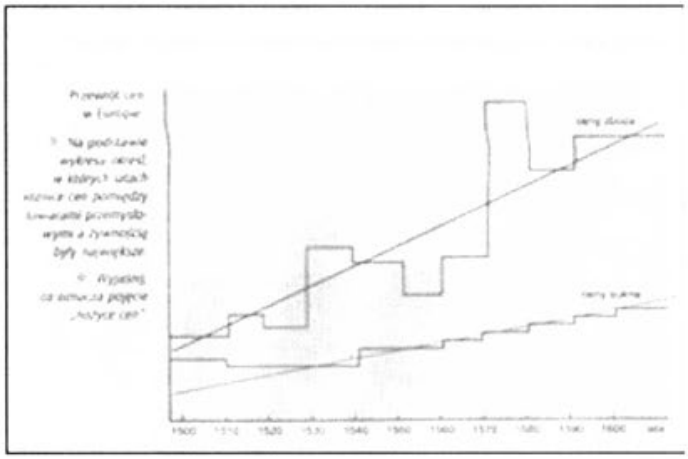
[13] http://pl.wikipedia.org/wiki/Pęd_(fizyka); http://edunauka.pl/fizepe.php [dostęp: 05.11.2011].



Ryc. 4.2. Krzyżówka grochu między roślinami różniącymi się jedną cechą – barwą kwiatów

ko skutek mieszania się dwóch różnych płynów pochodzących od obojga rodziców. Potomstwo miałoby więc być mieszaniną płynnej substancji dziedzicznej rodziców, ale wówczas nie mogłoby w pokoleniu F_2 odtwarzać fenotypów form wyjściowych. Nasuwa się zatem pytanie, skąd się wzięły rośliny o białych kwiatach w pokoleniu F_2 (ryc. 4.2), tym bardziej że analiza krzyżówek roślin z linii czystych różniących się inną cechą, na przykład wysokością pędu, dawała porównywalne efekty.

Uzyskane wyniki krzyżówek Mendel poddał więc prostej analizie arytmetycznej – policzył wszystkie osobniki z F_2. W wypadku cechy barwy kwiatów na 929 roślin 705 miało kwiaty czerwone (75,88%), a 224 kwiaty białe (24,12%). W wyniku krzyżówki roślin różniących się wysokością pędu powstały w F_2 1064 rośliny, z czego 787 miało pędy wysokie (73,97%), a 277 niskie (26,03%). W wypadku krzyżówki roślin różniących się cechą barwy



Ryc. 2. Hyper-inflacja informacji oznacza również wymieszanie faktów, oddzielnie poprawnych, ale dydaktycznie niespójnych; tu przytaczamy przykłady z bardzo dobrych, podręczników do biologii i historii; pierwszy z nich nieudolnie stosuje statystykę, drugi – analizę ekonomiczną

Konstruktywizm szedł w kierunku dostępności wiedzy, ale jego twórcy (ani nawet specjaliści z informatyki) nie mogli przewidzieć rewolucji informacyjnej końca XX i początku XXI wieku. Rewolucja informacyjna wymaga kolejnej adaptacji strategii konstruktywistycznych – hyper-konstruktywizmu. W nowej strategii informacja nie jest uczniowi dostarczana, ale „racjonowana" – selektywnie wybierana pod względem jej użyteczności do realizacji zadanych celów *dydaktycznych.*

3. ZAŁOŻENIA HYPER-KONSTRUKTYWIZMU

Wszech-dostępność wiedzy jest podstawową przesłanką hyper-konstruktywizmu (HK). W zbiorowości klasowej lub w zaciszu domowego

Internetu uczeń (i nauczyciel) dysponuje wszystkimi niezbędnymi informacjami. Kłopotem, jak to pokazaliśmy wyżej, jest wybranie z tego natłoku informacyjnego elementów *niezbędnych* do sekwencyjnego konstruowania *spójnej* wiedzy. Proces zdobywania informacji trzeba zastąpić jej selekcją.

Spójność wiedzy, sama w sobie, byłaby celem bardzo trudnym do zdefiniowania – różne dyscypliny naukowe, różne szkoły, różne interpretacje nadają temu samemu pojęciu różne znaczenia. Przez „spójność" w znaczeniu HK rozumiemy uzgodnione w danej społeczności znaczenie; uzgodnienie to jest natomiast wynikiem wspólnego skonstruowania tego znaczenia. Czym różni się to ujęcie od konstruktywizmu społecznego? Ponownie pojawia się nadrzędna rola nauczyciela w konstruowaniu znaczenia pojęcia; to on konstruowaniem pojęcia steruje. Dokonał on tego również sam, jako podmiot uczący się, na wyższym, uniwersyteckim szczeblu nauczania.

Spójność wiedzy jest więc określona przez *ścieżkę* dojścia do tej wiedzy. I tu pojawia się element zasadniczy – istnienie ścieżki dojścia oznacza uprzednią identyfikację jasnego *celu* dydaktycznego. Nauczyciel, przy porannej kawie, planuje jasny cel poznawczy jednostki lekcyjnej. To cel dydaktyczny wraz z umiejętnościami grupy określają ścieżkę dojścia.

Zasadniczy przy określeniu ścieżki dojścia i definiowaniu celu poznawczego są ci myśliciele, do których odwoływali się również twórcy konstruktywizmu i kognitywistyki – Descartes i Kant. Ten pierwszy, w *Rozprawie o metodzie*, będącej wstępem do traktatu z fizyki, podał cztery etapy krytycznego, dychotomicznego rozumowania. Ten drugi uświadomił nam, że to kategoria myślowa, a nie pojedynczy obiekt wyrwany z rzeczywistości, jest przedmiotem poznania. W fizyce nie rozważamy wszystkich rodzajów spadających piłeczek, ale dwie kategorie, które ten ruch obrazują: *energię* i *pęd*.

Cztery kroki rozumowania analitycznego Kartezjusza są tak ważne dla HK, że je tu przypomnimy:

> Pierwszem, jest aby nie przyjmować nigdy żadnej rzeczy za prawdziwą, dopóki nie poznamy jej oczywiście jako takiej: to znaczy, aby unikać starannie

pośpiechu i uprzedzenia i nie pomieszać w swoim sądzie nic, tylko, co się przedstawiło memu umysłu tak jasno: wyraźnie, iż nie będzie miał żadnej możliwości podania tego w wątpliwość.

Drugiem, aby każdą z rozpatrywanych trudności podzielić na tyle cząstek, na ile się da i ile będzie potrzeba dla lepszego jej rozwiązania.

Trzecie, aby prowadzić myśli po porządku, zaczynając od początku najprostszych i najłatwiejszych do poznania, i pomału, jak gdyby po stopniach, wstępować aż do poznania bardziej złożonych i przyczem należy przypuszczać porządek nawet między temi, które nie tworzą naturalnego szeregu.

Ostatnie, aby wszędzie czynić wyszczególnienia tak dokładnie i przeglądy tak powszechne, aby był pewny, iż nic nie opuściłem[14].

Te zalecenia, z pierwszej połowy XVII wieku, odnajdujemy w najnowszych (2010 r.) wytycznych dla systemów edukacji najbardziej rozwiniętych państw świata, OECD[15]. Kompetencjami oczekiwanymi od absolwentów wyższych uczelni nie będzie wiedza szczegółowa, ale umiejętności bardzo ogólne:

- myślenie krytyczne,
- rozumowanie analityczne,
- rozwiązywanie problemów,
- komunikacja pisemna[16].

Zarówno więc wymogi współczesne, jak wskazówki o charakterze ogólnym pozwalają określić szczegółową metodologię nauczania. Wytyczne metodologii hyper-konstruktywistycznej wynikają zarówno z zaistniałej rewolucji informacyjnej, jak i z wysokich oczekiwań, jakie dzisiejszy uczeń stawia nauczycielowi.

W zakresie dostępności informacji zauważamy, że:

---

[14] R. Descartes, *Discours de la méthode: pour bien conduire sa raison, et chercher la vérité dans le sciences, Imprimerie de Ian Maire, Leyde*, 1637, s. 29.

[15] *Testing student and university performance globally: OECD's AHELO*, OECD 2010, http://www.oecd.org/document/22/0,3746,en_2649_35961291_40624662_1_1_1_1,00.html [dostęp: 2.04.2012].

[16] Generic skills common to all students, such as: Critical thinking, Analytical reasoning, Problem-solving, Written Communication, OECD, ibidem [dostęp: 2.04.2012].

- informacja jest wszech-dostępna (technologicznie i jako wytwór);
- zasoby informacji przekraczają możliwości jej indywidualnego „szuflowania" (tj. ładowania i produktywnego zużywania) przez ucznia pozostawionemu samemu sobie;
- informacja posiadana jest natomiast (prawie) kompletna w danej *mikro-społeczności* – klasowej, grupy słuchaczy w auli lub uczestników pokazu interaktywnego w muzeum;
- nauczyciel, wykładowca, instruktor spełnia rolę *zapełnienia* ewentualnych *braków* w zasobach informacji.

W zakresie zadań stawianych nauczycielowi w procesie konstruowania *ścieżki dojścia* do założonego celu w postaci nowej kategorii pojęciowej (prawa fizycznego, pojęcia, zależności matematycznej, opisu zdarzenia historycznego itd.) wyszczególniamy następujące etapy.

- Nauczyciel, spełniając wymogi merytoryczne i poznawcze (a niekoniecznie według formalnych programów nauczania) ma zadanie skonstruowania w umysłach uczniów spójnej wiedzy, korzystając z indywidualnych, przypadkowych i niekompletnych zasobów informacji.
- Jako element najistotniejszy nauczyciel definiuje punkt docelowy jednostki dydaktycznej.
- Przez *pre-check* (tj. dyskusję wstępną) wywołuje u uczniów konieczność stworzenia nowych, ścisle określonych kategorii pojęciowych.
- Nauczyciel stopniowo zapełnia te kategorie wynikami wspólnego doświadczenia (Internet staje się tu źródłem wiedzy na równi z doświadczeniem fizycznym, podręcznikiem, obiektem użytku codziennego itd.).
- Każdy kolejny etap wymaga uzyskania konsensusu społecznego wewnątrz grupy klasowej oraz sprawdzenia spójności z rzeczywistością, np. przez doświadczenie fizyczne – *stop&check!*
- Na wszystkich etapach nauczyciel koryguje ścieżkę dojścia w zależności od „rozwoju wypadków"; każda lekcja jest w ten sposób niepowtarzalną „przygodą" poznawczą, zarówno dla uczniów, jak i nauczyciela.

Fizyka pozostaje przedmiotem powszechnie nielubianym (bo niezrozumiałym). Mimo to, wieloletnie doświadczenia autora we wprowadzaniu zasad hyper-konstruktywizmu pokazują, że jest możliwe uzyskanie wysokiej efektywności w konstruowaniu wiedzy, niezależnie od poziomu odbiorcy i treści przekazu. Poniżej opisujemy trzy hyper-konstruktywistyczne realizacje nauczania fizyki: 1) interaktywną lekcję nt. energii dla dzieci w wieku 6–12 lat; 2) podręcznik w zakresie mechaniki dla uczniów gimnazjum; 3) podręcznik w zakresie fizyki współczesnej na poziomie klasy pierwszej szkoły ponad gimnazjalnej, według nowej podstawy programowej MEN.

4. TRZY IMPLEMENTACJE W FIZYCE

UNIKIDS I GRAWITACJA

Uniwersytety dla dzieci są pierwszym „poligonem", skąd prezentujemy wyniki badania efektywności dydaktycznej. Fenomen uniwersytetu dziecięcego jest zjawiskiem zupełnie wyjątkowym. Pierwszy tego rodzaju wykład w Tübingen nt. wulkanów w 2002 roku zebrał 400 dzieci, a jego powtórzenie aż 900. W Polsce uniwersytety dziecięce działają od kilku lat, zarówno w małych miejscowościach (Tuchola, Namysłów, Brzeg) jak w Krakowie, Katowicach, Gdańsku, Wrocławiu. Podstawą ich działania jest entuzjazm organizatorów oraz przekonanie rodziców o konieczności uzupełnienia szkolnej edukacji swoich dzieci. Wyzwaniem pedagogiczno-dydaktycznym dla wykładowców jest szczególnie nie-homogeniczność grup słuchaczy – w wykładach uczestniczą zarówno 6-latkowie nieumiejący czytać, jak i 12-latkowie przygotowujący się do gimnazjum. Dzieci uczestniczą w zajęciach w czasie wolnym (w soboty), a grupy są bardzo liczne (do 200 osób). Hyper-konstruktywizm okazał się skuteczną receptą na pracę z tak wymagającym audytorium.

Przedstawione wyniki dotyczą lekcji nt. spadania ciał. Tytuł „Z górki na pazurki" i streszczenie „Dlaczego większość ciał spada, a tylko niektóre podskakują w górę?" mają na celu *zwrócenie* uwagi widza. Właściwym celem dydaktycznym jest *wprowadzenie* pojęcia „energia".

Odbywa się to jednak nie przez definicję, ale przez interaktywną ścieżkę eksperymentalną, w której odpowiedź dzieci, poprawna lub nie, generuje kolejne doświadczenie, przyprowadzone *ad hoc*, i kolejne pytanie.

Istotne jest w tym interaktywnym procesie wspólnego odkrywania wiedzy, aby nie zatracić „wspólnego języka". Pokusą dla wykładowcy jest przejść na poziom języka dorosłych, a wówczas odpowiedzi dzieci stają się sztampowe, zaś większa część słuchaczy traci kontakt ze ścieżką poznawczą. Pisał już o tym J. Piaget: „Kiedy badamy pewną grupę dziecięcych wyjaśnień, pytania jakie im zadamy, będą określone zarówno w formie, jak treści przez spontaniczne pytania, które rzeczywiście zadają dzieci w tym samym wieku lub młodsze"[17].

Pytaniem wyjściowym tej ścieżki o energii jest „Dlaczego ciała spadają?" Standardowa odpowiedź: „Bo działa grawitacja" już po trzecim pytaniu w zaplanowanej sekwencji okazuje się *tautologią*. O ile wszystkie twierdzenia matematyczne można uważać za tautologię, to w fizyce doświadczalnej tautologie nie mają racji bytu; w naszym podejściu dydaktycznym – również nie. W związku z tym szukamy innej odpowiedzi, sięgając tym razem do Arystotelesa. I tu odpowiedź też nie wyjaśnia zjawisk poza doświadczeniem ze spadkiem swobodnym; już dla wyjaśnienia odbicia się piłki od podłogi widzowie zaczynają szukać innych kategorii, np. z zakresu fizyki materiałów. Tymczasem właściwie zaplanowana sekwencja doświadczalna prowadzi ich do odkrycia pojęcia energii, która jak się okazuje, pojawia się na opakowaniu każdego produktu spożywczego.

1° Prof: Dlaczego ciała spadają?

Aula: *Bo działa na nie grawitacja*

Prof.: Tak, to już sobie wyjaśniliśmy, ale niewiele z tego wynika.

Prof.: Był taki brodaty filozof, Arystoteles, który twierdził, że ciała spadają, bo są ciężkie, a naturalnym miejscem ciał ciężkich jest środek Ziemi.

[W międzyczasie zdejmuję marynarkę, niby z gorąca, kładę na stole i spuszczam na nie piłkę]

[17] When a particular group of explanations by children is to be investigated, the questions we shall ask them will be deteremined in matter and in form, by the spontaneuos questions actually asked by children of the same age or younger, J. Piaget, *The Child's Conception Of the World*, Rowman & Littlefield, Lanham, USA, 2007 (pierwsze wyd., London, 1929), s. 5.

Prof.: Widzicie, że to prawda? Piłeczka chciała polecieć do środka Ziemi i gdyby nie stół, poleciałaby niżej.

2° Prof: Ale czy ciała mogą same podskoczyć? [I tu następuje (nieudana) próba telepatii.]
Prof: Teraz wam pokażę inne doświadczenie.
[Następuje sekwencja z listwą wygiętą w środku i piłeczką. W pierwszej fazie piłeczkę zatrzymujemy w najniższym, środkowym punkcie listwy.]
Prof: Podobało się doświadczenie?
Aula: *następuje pomruk dezaprobaty, ale nie pozwalamy na jej wyartykułowanie!*
Prof: A teraz pokażę wam, jak można kuleczkę wytresować. [Następuje chuchanie, pomrukiwanie i pocieranie kulki.]
Prof.: Kuleczko leć! [Tym razem nie zatrzymujemy jej w środku, ale kiedy przeleci najniższy punkt i wtoczy się pod górę z drugiej strony listwy.]
– i wracaj!
[Śmiech na sali, czasem pokrzykiwania „bo Pan ją przedtem zatrzymał".][18]

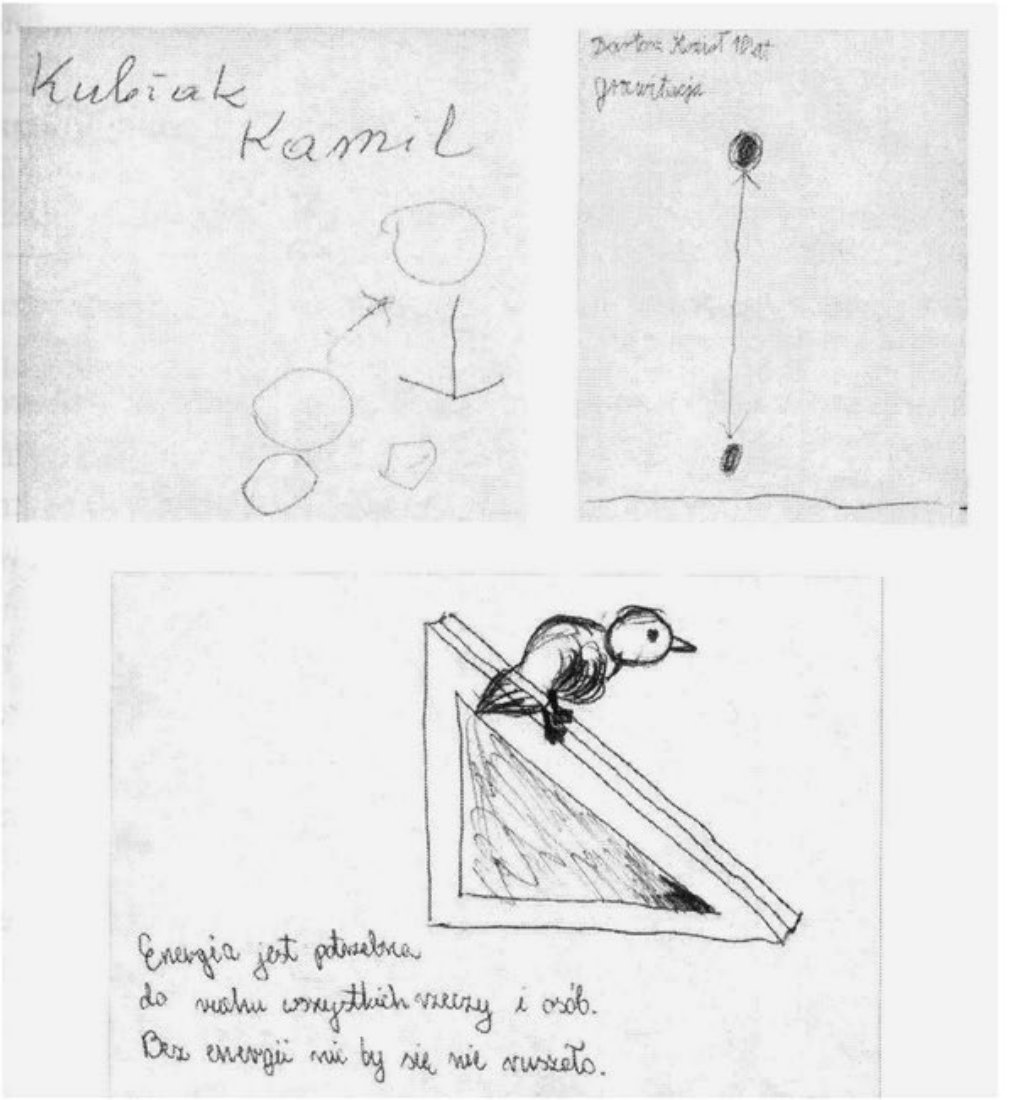
3° Prof.: Widzicie? Mamy nowy sposób na tresowanie piłek.
[Teraz spuszczamy tę samą piłeczkę co poprzednio, tylko nie na marynarkę, ale na twardą podłogę, Oczywiście, piłeczka się odbija.]

4° [Następuje sekwencja z dwoma piłeczkami, spadającymi jedna na drugą, po czym lżejsza odbija się pod sufit.]
Dzieci same, po 2–3 próbie odpowiedzi mówią: „Bo ta dolna przekazała górnej energię".

5° Na tym w zasadzie cel dydaktyczny został osiągnięty – wskazanie na *energię* jako źródło ruchu ciał. W lekcji pokazujemy około 20 innych zabawnych eksponatów, ale jak widać z weryfikacji wyników, doświadczenie z listwą i piłeczkami pozostaje dzieciom dobrze w pamięci.

[18] Dzieci same się dziwią, że zaakceptowały poprzednie doświadczenie z kulką zatrzymaną na środku i że przyjęły wyjaśnienie Arystotelesa: kulka, według Arystotelesa, nie miała prawa wrócić!

Efektywność tego rodzaju jednostki dydaktycznej w grupie heterogenicznej trudno jest ocenić. Dzieci młodsze w większości pozostają zafascynowane nowymi doświadczeniami; dzieci starsze niezbyt chętnie rezygnują ze sztampowego wyjaśnienia „grawitacja". Testy jakościowe przeprowadzone w odstępnie pół roku od wykładu pokazują jednak, że dzieci doskonale pojęły istotę przekazu. W odpowiedzi na polecenie: „Narysuj, co zapamiętałeś z poprzedniego wykładu" rysują zarówno wierne przedstawienia doświadczeń, jak schematy *ideowe*, potwierdzające znakomite zrozumienia znaczenia haseł „energia", „pęd", „przekaz energii" itd., zob. ryc. 3.



Ryc. 3. Ewaluacja rezultatów dydaktycznych wykładu „Z górki na pazurki". Obok przedstawień realistycznych pojawiają się, nawet u dzieci 9–10 letnich, przedstawienia symboliczne obserwowanych zjawisk

Również inne scenariusze z fizyki, z jasno określonymi celami dydaktycznymi, zarówno w zakresie wiedzy, jak i kompetencji społecznych spotykają się z dużym zainteresowaniem dzieci. W scenariuszu „Pstryczek – elektryczek" celem wykładu jest nie tylko pokazanie zjawisk elektrycznych i wprowadzenie pojęcia napięcia i natężenia prądu, co przekaz *kompetencji* społecznych: „Prąd elektryczny jest niebezpieczny!". W scenariuszu „Wszystko gra" kompetencją jest rozpoznawanie barwy instrumentów, nie tyle przez ich słuchanie, co przez ogląd graficzny, tzw. transformatę Fouriera. Dzieci nie muszą znać szczegółów operacji matematycznych służących do wizualizacji składowych harmonicznych dźwięków – jest to wiedza zbędna. Cenna jest natomiast kompetencja interdyscyplinarna, fizyczno-muzyczna. Lekcja wzbudza entuzjazm dzieci, mimo sceptycyzmu rodziców, którzy woleliby bardziej książkowy przekaz wiedzy, encyklopedyczny, ale nie powiązany w całość.

Toruński poręcznik do fizyki. Gimnazjum

Gimnazjum jest w polskim systemie edukacyjnym etapem najbardziej „newralgicznym". Młodzież przerośnięta jak na stawiane im wymogi, krytyczny etap rozwoju biologicznego, niejasne zadania szkoły, krótki cykl dydaktyczny – trudności można by wymieniać długo. Tym większa potrzeba kwalifikowanych działań dydaktycznych na tym etapie.

Jako odpowiedź na te wyzwania, w Zakładzie Dydaktyki Fizyki został przygotowany *Toruński poręcznik do fizyki*[19], nie do końca zgodny z Podstawą Programową MEN, która ma właśnie charakter wyrywkowy. *Poręcznik* jest dialogiem o fizyce prowadzonym z czytelnikiem. Nie jest to jednak dialog popularnonaukowy, ale ukryty, acz rygorystycznie przeprowadzony wykład. Czytelnik nie otrzymuje aksjomatów ani z góry narzuconych praw, ale przez rozwój narracji odnajduje nowe zjawiska, których wyjaśnienie wymaga z kolei nowych pojęć.

[19] G. Karwasz, M. Sadowska, K. Rochowicz, *Toruński poręcznik do fizyki. Klasa I Gimnazjum. Mechanika*, Wyd. Naukowe UMK, Toruń 2010.

I tak, przykładowo, prędkość chwilowa nie jest matematyczną granicą przyrostów drogi w odcinkach czasu, ale *receptą* pomiarową: „Zaznaczmy, ile czasu mija między jednym a drugim słupkiem autostradowym". Poświęcamy tu precyzję matematyczna na rzecz jasności i *dostępności* wyjaśnienia. Prędkość chwilowa jest tym, co wskazuje prędkościomierz samochodu. Wyjaśnimy też, jak prędkość ta jest mierzona przez samochód, a jak przez samolot. Pojęcie „prędkość" uzyskuje atrybuty rzeczywiście użytecznej miary ruchu, a nie tylko operacji różniczkowania drogi po czasie.

Ułamki „10"

mnożnik	nazwa	skrót	przykład
0,1	decy	dc	1 decymetr = 0.1 m = 10 cm; 1 dcm^2 = 1 litr
0,01	**centy**	**c**	**1 centymetr = 0,01 m = 10 mm**
0,001	**mili**	**m**	**1 milimetr = 0,001 m; mililitr = 0,001 litra = 1 cm^3**
0,000 001	**mikro**	**μ**	**1 mikrometr („mikron") = 0,001 mm; włos = 50 μm**
0,000 000 001	nano	n	0,1 nanometra = typowe rozmiary atomu
0,000 000 000 001	pico	p	picofarad = pojemność elektryczna małego kondensatora
10^{-18}	atto	a	attosekunda = czas przeskoku elektronu w atomie

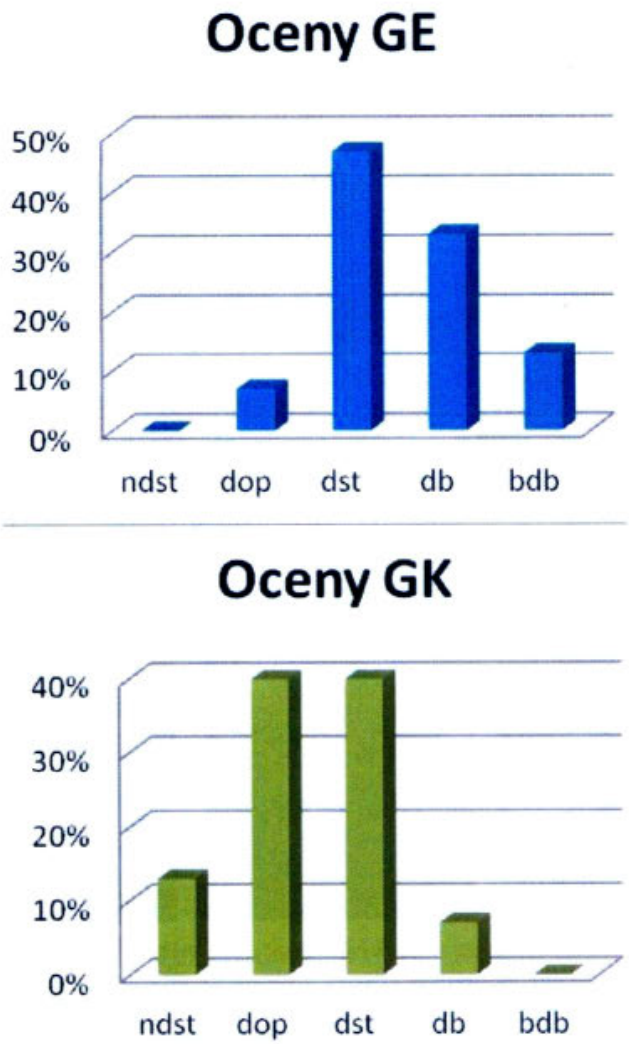
Każdy kraj nieco inaczej używa przedrostków jednostek miar. I tak w Polsce kupuje się mięso na „deko", czyli dekagramy, we Włoszech na „etto", czyli hektogramy. Włoskie dwa „ettti" to polskie 20 „deka" a właściwie (w systemie międzynarodowym) 0,2 kg. Pojemność butelek z winem Włosi podają w mililitrach (750 ml). Polacy w litrach (0,75 litra) a Francuzi w centylitrach (75 cl). I tak znajomość fizyki może się przydać w restauracji za granicą!

Fot. 2.6 Przedrostki jednostek miar pozwalają w skrótowy sposób charakteryzować szeroki zakres wielkości fizycznych a) „pojemność" kondensatorów zmienia się od *piko* przez *nano* do *mikro*, b) moc małej turbiny wodnej (wysokości człowieka) to 1 MW, c) moc jednego reaktora w elektrowni atomowej to typowo 1 GW.

Ryc. 4. Konstrukcja znaczeń w *Toruńskim poręczniku do fizyki*; przedrostki potęg mają konkretne ilustracje w rzeczywistości.

Przedrostki służące do zamiany jednostek, kilo, mega, giga, nie są jedynie wykładnikami potęg matematycznych, ale kategoriami, wręcz obiektami, które czemuś służą. *Piko* to mały kondensator elektryczny, a *mega* moc turbiny wodnej o wysokości człowieka, zob. ryc. 4.

Efektywność dydaktyczna przerosła oczekiwania autorów. Kompleksowe testy przeprowadzone w ramach prac doktorskiej i magisterskiej[20] wykazały w zasadniczy wzrost zrozumienia zagadnień fizyki przez uczniów, szczególnie tych najsłabiej przygotowanych. Przykładowo, w zakresie rozumienia kinematyki liczba ocen niedostatecznych i niedopuszczających została zredukowana prawie do zera, zob. ryc. 5.



Ryc. 5. Efektywność dydaktyczna *Toruńskiego poręcznika do fizyki*; wyniki sprawdzianu „Kinematyka" uczniów klas „po-ręcznikowych" (GE), i grupy kontrolnej (GK) Źródło: K. Wyborska

[20] M. Sadowska, *Efektywność dydaktyczna nauczania fizyki – testowanie rozwiązań europejskich*, Rozprawa doktorska, Wydział Nauk Pedagogicznych UMK, 2012; K. Wyborska, *Tradycyjny i konstruktywistyczny przekaz wiedzy i kompetencji w nauczaniu fizyki*, Praca magisterska, ZDF UMK, 2012.

Liceum „Fizyka współczesna"

O ile kolektywny zasób informacji uczniów do dyspozycji „konstruktora" jest stosunkowo ograniczony na poziomie gimnazjum, to na poziomie liceum pojawia się pokusa przekazu jak największej ilości szczegółowych treści. Przykładów można przytoczyć wiele – poniżej fragment opisu jasności gwiazd.

> Skala jasności została wprowadzona przez greckiego uczonego – Ptolemeusza, który podzielił gwiazdy widoczne na niebie na sześć grup – najjaśniejsze zaliczając do grupy pierwszej, najsłabsze zaś do ostatniej. Dopiero w XIX wieku wprowadzono pojęcie uściślające definicję magnitudo. Zauważono, że jeżeli gwiazdy różnią się od siebie o wartość 1 magnitudo, to stosunek natężeń ich oświetleń jest wielkością stałą i wynosi 2.5.
> Jeśli zatem jasność jednej gwiazdy wynosi m1, a drugiej m2, to stosunek ich natężeń wyraża poniższy wzór (Pogsona).
>
> $$m1 - m2 = 2{,}5 \log \frac{Im1}{Im2}$$ wzór Pogsona
>
> Gdybyśmy wszystkie gwiazdy umieścili w odległości 10 parseków, wyeliminowalibyśmy wpływ, jaki na odczyt jasności gwiazdy ma odległość, w jakiej znajduje się względem Ziemi. Tak zdefiniowana wielkość nazywana jest **jasnością absolutną**.
> Zapisując jasność wizualną pewnej gwiazdy jako *m*, natomiast jej jasność absolutną jako *M*, otrzymamy zależność:
>
> $$m - M = 5 \log \frac{D}{10}$$
>
> gdzie D jest odległością gwiazdy wyrażoną w parsekach.

Przepiszmy ten sam fragment według recepty hyper-konstruktywistycznej: usuwając namiar treści, szczególnie tych, które wymagają wprowadzenia wielu dodatkowych pojęć, aby zdefiniować jedno pojęcie rzeczywiście użyteczne (tj. *magnitudo*). Sporo jest też w powyższym wyjaśnieniu matematyki, nie do końca jasnej zarów-

no dla ucznia, jak i nauczyciela. Przepisany fragment na język HK wygląda tak:

> Pomimo iż Proxima Centauri jest najbliżej Ziemi, nie jest najjaśniejsza na niebie. Obserwowana jasność gwiazdy zależy bowiem od dwóch czynników: mocy promieniowania gwiazdy oraz jej odległości od obserwatora. Jasność gwiazdy od czasów starożytnych Greków zapisuje się w jednostkach zwanych **wielkościami gwiazdowymi** (*magnitudo*), choć w rzeczywistości nie ma to nic wspólnego z rozmiarami gwiazdy. Ptolemeusz podzielił gwiazdy widoczne na niebie na sześć grup – najjaśniejsze zaliczając do grupy pierwszej, najsłabsze zaś do ostatniej. Dopiero w XIX wieku wprowadzono pojęcie uściślające definicję magnitudo. Zauważono, że jeżeli dwie gwiazdy różnią się od siębie o wartość 1 magnitudo, to stosunek natężeń światła docierającego do Ziemi wynosi około 2,5.
>
> Gwiazdą dobrze widoczną w Polsce latem, o *magnitudo* $+1m$, jest *Deneb*, łeb Łabędzia na fot. 4.5, jedna z największych we Wszechświecie. Jasność Gwiazdy Polarnej jest prawie dwa i pół razy mniejsza i wynosi $+2m$. Okiem „nieuzbrojonym", w pogodną noc, bez lamp ulicznych jesteśmy w stanie dojrzeć gwiazdy aż do jasności +6.

Udało się uniknąć niejasnych (a nawet nie do końca poprawnych) formuł matematycznych, zróżnicować pojęcia jasności i mocy promieniowania oraz odwołać czytelnika do wcześniej poznanych gwiazd, w tym gwiazd, które może sam znaleźć na nieboskłonie.

Toruński poręcznik do fizyki współczesnej (G. Karwasz, M. Więcek) jest w trakcie pierwszych ocen. Te już dokonane, przez dydaktyków fizyki, są niezwykle obiecujące.

5. ZAKOŃCZENIE

Recepta nad-konstruktywistyczna nie jest prosta, jako że wymaga od nauczyciela sporej wiedzy (musi on znać nie tylko odpowiedzi po-

prawne, ale również wyjaśnić odpowiedzi niepoprawne). HK pozwala jednak na integrację treści nauczania w ścieżkach między-przedmiotowych oraz zasadnicze podniesienia efektywności nauczania. Dalsze implementacje do zagadnień interdyscyplinarnych są w przygotowaniu.

Bibliografia

Berger P. L., Luckman L. T., *Społeczne tworzenie rzeczywistości*, PIW, Warszawa 1986.

Bruner J. S., *Acts of Meaning*, Harvard University Press, 1990.

Descartes R., *Discours de la méthode: pour bien conduire sa raison, et chercher la vérité dans le sciences*, Imprimerie de Ian Maire, Leyde, 1637.

Goldman S., *Researching the Thinking-Centered Classroom*, w: Thinking practices in mathematics and science learning, Ed. J. G. Greeno, S. V. Goldman, Lawrcence Erlbaum Associates, New Jersey, 1998.

Karwasz G. i in, *Physics research coming into school, On the Track of Modern Physics*, GIREP- EPEC Conference "Frontiers of Physics Education", Conference Proceedings, ed. by R. Jurdan-Sepic Faculty of Arts and Science, University of Rijeka 2008.

Karwasz G., Sadowska M., Rochowicz K., *Toruński po-ręcznik do fizyki. Klasa I Gimnazjum. Mechanika*, Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń 2010.

Orczyk A., *Zarys historii szkolnictwa i myśli pedagogicznej,* Wydawnictwo Akademickie ŻAK, Warszawa 2008.

Piaget J., *The Child's Conception Of the World*, Rowman & Littlefield, Lanham (USA) 2007 (pierwsze wydanie, London 1929).

Piaget J., *The construction of reality in the child,* Routledge and Kegan Paul, Oxon (UK) 1954.

Sadowska M., *Efektywność dydaktyczna nauczania fizyki – testowanie rozwiązań europejskich*, Rozprawa doktorska, Wydział Nauk Pedagogicznych UMK, 2012.

Siemieniecki B., *Intoduzione alla pedagogia cognitiva*, Armando Editore, Roma, 2012.

Testing student and university performance globally: OECD's AHELO, OECD 2010

Wyborska K., *Tradycyjny i konstruktywistyczny przekaz wiedzy i kompetencji w nauczaniu fizyki*, Praca magisterska, Zakład Dydaktyki Fizyki UMK, 2012.

Zasoby internetowe:

http://pl.wikipedia.org/wiki/Pęd_(fizyka); http://edunauka.pl/fizepe.php (05/11/2011)

http://www.oecd.org/document/22/0,3746,en_2649_35961291_40624662_1_1_1_1,00.html (05/11/2011)

Jaubert J., *L'«art pariétal gravettien en France:* éléments *pour un bilan chronologique*, Paleo 20/2008, http://paleo.revues.org/index1635.html#tocto2n3