

Grzegorz P. Karwasz, Andrzej Karbowski

Zakład Dydaktyki Fizyki,
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika

HYPER-KONSTRUKTYWIZM

W NAUCZANIU FIZYKI

Tożsamość indywidualna i kompetencje społeczne

System Boloński

Europejski system szkolnictwa wyższego ukształtował się w XIX w. na zlaicyzowanych¹ uniwersytetach „zachodnich”, działających jako jednostki dydaktyczno-naukowe, a mających na celu wykształcenie elit intelektualnych określonych narodów². System ten okazał się skuteczny dla ekspansji ekonomicznej, politycznej i kulturowej państw, które go jako pierwsze wprowadziły (np. USA dopiero po I wojnie światowej). Statystycznym wyznacznikiem proporcji społecznych uczestnictwa w tym tradycyjnym systemie jest 3–4% wykształconej kadry, co numerycznie odpowiada części populacji wykazujących zdolności kreatywne³.

¹ J. Perszon, *Teologia w świecie nauk*, „Scientia et Fides”, 1(1)/2013, s. 151–181.

² G. Karwasz, *Normalna szkoła nienormalna*, „Głos Uczelni” 7/8 (293/294), 2010, s. 18–19.

³ D. Siemieniecka, informacja prywatna, 2014.

W drugiej połowie XX w. zasadnicze zmiany proporcji między „bazą ekonomiczną” a „nadbudową kulturową”, używając nieszczęsnej terminologii Engelsa, wynikające z niezwyklego postępu metod technicznych, umożliwiły przesunięcie sporej części społeczeństwa do sfery „nieprodukcyjnej” (nadal używając nieszczęsnej terminologii), prowadząc w ten sposób do demokratyzacji dostępu do wykształcenia wyższego, i zmieniając proporcje liczby studentów do całości społeczeństwa, w porównaniu do poprzedniego systemu totalitarnego, a również „zachodniego”, o czynnik 10.

Utrzymywanie Humboldtowego systemu sterowania szkolnictwem wyższym przy tak istotnych zmianach społecznych nieuchronnie doprowadziło do kryzysu – niskiej efektywności kształcenia na szeroką skalę⁴, inflacyjnego wzrostu nakładów (i kadry), a w konsekwencji stanu przed-zapaści ekonomiczno-społecznej niektórych państw UE, jak to dokumentują aktualne (2016) statystyki: stopień bezrobocia wśród młodzieży (16–25 lat) powyżej 40% i dług publiczny przekraczający w niektórych państwach 100% PNB.

Niezbędne jest więc przeorientowanie priorytetów nie tylko uczelni wyższych, ale i całego systemu edukacji UE w kierunku zapewnienia niezbędnych powszechnie kompetencji w życiu profesjonalnym⁵. Kompetencje społeczne – umiejętność uczestniczenia (samo-określenia) w podziale pracy, komunikacji, samoorganizacji, a przede wszystkim poczucie własnej, unikalnej tożsamości osobowej, są najważniejszymi z tych kompetencji.

Kompetencje społeczne znalazły się w wymogach UE dla szkolnictwa, w tym szkolnictwa wyższego, stając się niejako dodatkowym celem

⁴ G. Karwasz, *Un nuovo ateneo È necessario, czyli o jakości nauczania*, „Głos Uczelni”, listopad 2015, s. 20–22, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje_2015/GU_O_jakosci_nauczania.pdf [dostęp: 05.05.2016].

⁵ M. Rocard, P. Csermely, D. Jorde, D. Lenzen, Walberg-Henriksson, Hemmo, V. (2007), *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*, European Commission, Directorate-General for Research Information and Communication Unit, Bruxelles, 2007, http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf [dostęp: 20.06.2015].

edukacji po „kreowaniu społeczeństwa opartego na wiedzy”⁶. Należy jednak podkreślić, że sama deklaracja lizbońska i idące po niej kolejne, szczegółowe dokumenty⁷, będące zmianą priorytetów edukacyjnych, zostały wymuszone przez niezbędne społecznie otwarcie się szkolnictwa wyższego na 9/10 studentów, uprzednio wykluczanych z wiedzy na wyższym poziomie. Wiedza staje się produktem, do którego przeciętny konsument ma łatwy (i tani) dostęp. Ekonomicznie, jak każdy produkt, winna okazać się dla nabywcy przydatna⁸: zapewniać jednostce sukces ekonomiczny i cywilizacyjny (tzw. *welfare state*, używając terminologii z końca XX w.).

Kompetencje indywidualne u podwalin kulturowych Europy

Europejski system kredytowy w szkolnictwie wyższym określa, jakie efekty winny być gwarantowane w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych. Jednocześnie, dokumenty organów administracyjnych UE nie dostarczają jasnych, praktycznych wytycznych, jak te kompetencje należy określać⁹. Pożądane kompetencje społeczne wynikać powinny z priorytetów społecznych, a te w każdej orientacji

⁶ *White paper on education and training: Teaching and learning – Towards the learning society* (Luxembourg, Office for Official Publications in European Countries) http://europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com95_590_en.pdf [dostęp: 20.06.2015]

⁷ B. Karseth, *Curriculum restructuring In higher education after the Bologna process: a New pedagogic regime?*, “Revista Española de Educación Comparada” 12 (2006), s. 255–284.

⁸ Dydaktycy, np. w USA i Wielkiej Brytanii, otwarcie deklarują, że istniejące systemy edukacji, od przedszkola po doktorat są skonstruowane tak, jakby każdy z uczniów miał zostać profesorem: autoodtworzenie się struktury, jakby to sformułował Max Weber.

⁹ Zob. np. dokument dotyczący EU Long-Life-Learning: *YiA Key Competences for Lifelong Learning – European Reference Framework*, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006H0962&from=EN> [dostęp: 05.05.2016].

politycznej są deklarowane odmiennie¹⁰. Niektóre opracowania teoretyczne przypominają wręcz „shopping list” – zestawienie wszelkich możliwych celów, jakie można wyliczyć¹¹. Stąd realna trudność w tłumaczeniu tych wytycznych na praktyczne realizacje.

Uniwersytety (a także szkoły i cały system oświaty), nie tylko w Polsce, starają się imitować te wymagania przez rozmaite sformułowania, jak „student wie”, „student potrafi”, jakby zmiana rzeczownika na czasownik zmieniała treści, formy i cele. Utrudnia to identyfikację zasadniczych kompetencji, niezbędnych dla konstruowania demokratycznych i cywilizacyjnie efektywnych społeczeństw.

Podstawowe kompetencje społeczne do przekazania już we wczesnym wieku szkolnym, tj. okresie kształtowania się osobowości, są w nieunikniony sposób pochodną preferencji kulturowych, a te w Europie, jak pisaliśmy w poprzednim opracowaniu¹², są jasno określone przez europejskie dziedzictwo humanistyczne, religijne i prawne naszego kontynentu.

W pierwszej kolejności, w odróżnieniu od innych kręgów kulturowych (obecnych i przeszłych) wartości europejskie opierają się na poszanowaniu osoby (tzw. jednostki). Wynika z nich podkreślenie:

- tożsamości¹³ (tzn. unikalności) osoby,
- indywidualnej widoczności osoby,

¹⁰ Nieco prostsze do określenia są kompetencje społeczne w kształceniu na wyższych uczelniach. Obejmują one: umiejętność komunikacji, współpracy oraz kompetencje życia politycznego, zob. np. G. Gedviliene, S. Gerviene, A. Pasvenskiene, S. Ziziene, *The social competence concept development in higher education*, „European Scientific Journal”, October 2014 edition vol.10, No. 28, p. 36–49.

¹¹ O. Kallonen, *Defining and Comparing Generic Competences in Higher Education*, „European Educational Research Journal”, Vol. 9, 1/2010, p. 56–68.

¹² G. Karwasz, *Post-konstrukttywizm a korzenie kulturowe Europy*, „Acta Universitatis Nicolai Copernici. Pedagogika” 2011, nr XXVII, s. 75–82.

¹³ J. Cummins (2001) pisze w kontekście konstruktywistycznej koncepcji nauczania: „Nie tylko wiedza jest tworzona wspólnie, ale co jest równie ważne dla uczenia się, negocjowane są również wzajemne tożsamości między uczniem a nauczycielem. Wzajemne negocjowania indywidualnych tożsamości i wspólne tworzenie wiedzy są nierozzerwalnie za sobą związane. Współpraca nauczyciel-uczeń w konstruowaniu wiedzy będzie efektywna jedynie wówczas, jeśli tożsamości uczniów zostaną jasno określone i podkreślone” (tłum. GK).

- indywidualnej decyzyjności,
- indywidualnej odpowiedzialności¹⁴.

Jednocześnie ta indywidualność osoby musi współistnieć w kontekście grupy społecznej¹⁵ i dostosowywać się do konkretnych sytuacji (zadań, uwarunkowań, możliwości). Kompetencje społeczne niezbędne do sprawnego funkcjonowania demokratycznej zbiorowości (podział ról, współpraca, komunikacja) pojawiają się dopiero wówczas, gdy każdy uczestnik zbiorowości „dysponuje” kompetencjami swej tożsamości wymienionymi powyżej. Jedynie pełny zbiór unikalnych kompetencji jednostkowych, a komplementarnych w całości społeczności, może zapewnić długotrwały i powszechny sukces cywilizacyjny. Stąd waga kształtowania kompetencji tożsamościowych i społecznych już we wczesnym okresie dzieciństwa, i nie tylko poprzez specjalistyczne działania pedagogiczne, ale też włączając inicjatywy pozaszkolne, w różnych dziedzinach wiedzy. W literaturze występuje także kluczowa kompetencja demokratyczna, którą należy rozumieć jako umiejętność dystansowania się wobec fragmentów rzeczywistości (odróżniania się i przekraczania)¹⁶.

W niniejszej pracy opisujemy jak te cztery, kulturowo ściśle europejskie, uwarunkowania tożsamości jednostki, wpisujące się w konteksty społeczne, mogą być kształtowane w hyper-konstruktywistycznym nauczaniu fizyki.

¹⁴ Można argumentować, że te 4 cechy umiejscawiające jednostkę we współczesnym, demokratycznym a zróżnicowanym społeczeństwie, są kompetencjami ogólniejszymi, dotyczącymi nie tylko uczniów, ale całości społeczeństwa. Przykładowo, A. Hakim (2015) wśród cech dobrego wykładowcy wymienia „kompetentną osobowość”, a w niej: samo-zrozumienie, samo-akceptację, samo-ukierunkowanie i samo-realizację.

¹⁵ W podwalinach kulturowych Europy to nie Majakowska zbiorowość jest pierwszym, nadrzędnym podmiotem społecznym, ale właśnie jednostka.

¹⁶ P. Błajet, B. Przyborowska, *Kształtowanie kompetencji demokratycznych – perspektywa rozwojowa*, „Studia Edukacyjne” 30/2014, s. 71–89.

Hyper-konstruktywizm (HK)

Przez hyper-konstruktywizm określiliśmy¹⁷ wyjście poza utartą definicję konstruktywizmu jako wspólnego tworzenia wiedzy w dyskusji między nauczycielem a grupą uczniowską. Podstawą konstruowania wiedzy nie są „negocjacje”, ale sokratesowe niejako grupowe odkrywanie, korzystające z komplementarnych wiadomości poszczególnych uczniów. Dalej niż w metodzie Sokratesa zadaniem nauczyciela nie jest stawianie kolejnych pytań, ale stwarzanie takich sytuacji faktograficznych, że uczeń sam te pytania formułuje¹⁸.

Interaktywne centra nauki¹⁹, interaktywne wykłady, teatr dydaktyczny²⁰ są możliwością konstruowania wiedzy pozornie „z niczego”, ang. *from scratch*. W rzeczywistości jest to kolektywna (choćby jednego z uczniów), istniejąca już wcześniej, wiedza słuchaczy. Nauczanie staje się odkrywaniem według ścieżki konstruowanej przez nauczyciela – ścieżka ta pozostaje ukryta, jak miny zakopane w piasku.

Od tradycyjnej metody heurystycznej HK różni się epoką: w czasach Sokratesa wiedza słuchacza była raczej jego niewiedzą – niedostatkiem faktograficznym, w którym nauczyciel mógł umieścić własne intuicje, a nawet sofizmaty²¹. Dziś, i wreszcie dziś, cała niezbędna warstwa faktograficzna w jakimkolwiek tematyce mieści się w Inter-

¹⁷ G.P. Karwasz, *Między neorealizmem a hyper-konstruktywizmem – strategie dydaktyczne dla XXI wieku*, Problemy Wczesnej Edukacji, „Awangarda w szkolnej i pozaszkolnej edukacji”, 3(15) 2011, s. 8–30.

¹⁸ L. Dunlop, K. Compton, L. Clarke, V. McKelvey-Martin, *Child-led enquiry in primary science*, „Education 3–13”, 2015, Vol. 43, No. 5, p. 462–481.

¹⁹ G. Karwasz, J. Kruk, *Idee i realizacje dydaktyki interaktywnej – wystawy, muzea i centra nauki*, Toruń, 2012.

²⁰ G. Karwasz, J. Kruk, J. Chojnacka, *Edukacja multimedialna w centrach nauki i eksploratoriach*, w: *Technologie edukacyjne w wymiarze praktycyzmu*, pod red. T. Lewowickiego, B. Siemienieckiego, t. II, Multimedialna Biblioteka Pedagogiczna, Toruń 2011, s. 9–20.

²¹ Przykładowo, całą serię paradoksów Zenona o ruchu rozwiązuje współczesna matematyka za pomocą pojęcia szeregu geometrycznego zbieżnego. W warstwie słownej nadal wyścig Achilleusa z żółwiem pozostaje paradoksem, we wzorze matematycznym jest to lakoniczne $(1-q)$ w mianowniku.

necie i dzięki powszechnemu do niej dostępowi, nawet w czasie lekcji, można ją wykorzystać we wspólnym konstruowaniu wiedzy. Więcej: ta internetowo-telewizyjna wiedza może w mgnieniu oka trafić w posiadanie każdego ze słuchaczy, niezależnie od jego wykształcenia, statusu majątkowego czy tzw. zdolności. Wiedza ta jest podstawą interaktywnej narracji w metodzie HK.

Hyper-konstruktywne tworzenie wiedzy polega na umiejętnym odślusowaniu przez nauczyciela tej, z całej różnorodności możliwych odpowiedzi grupy uczniów, która prowadzi do wyznaczonego przez nauczyciela wcześniej, w momencie formułowania tematu lekcji, celu dydaktycznego (lub pedagogicznego).

Przykładowo, odpowiedź „grawitacja to przyciąganie ziemskie” i kolejna (absolutnie pewna do uzyskania) „przyciąganie to grawitacja” jest przykładem tautologii (jak na jednej z etykiet masła: „zawartość masła 82%”²²). Konsternacja słuchaczy, że nie znają odpowiedzi niosącej informację jest tak duża, że otwiera się ścieżka konstruktywistycznego kroczenia dla odpowiedzi arystotelesowej: „ciała spadają, bo są ciężkie”. Seria odpowiednio zaplanowanych prostych i interaktywnych eksperymentów jest tak ułożona, że słuchacze potrafią sami skonstruować interesującą nas odpowiedź: „ciała spadają, bo posiadają energię”²³ [potencjalną, dodamy dla licealistów]. Celem zasadniczym jest jednak konkluzja, jak to ujęła (pół roku po wykładzie, bez konieczności przypominania) 12-letnia słuchaczka Uniwersytetu Dziecięcego: „dzięki energii wszystkie ciała się poruszają”, zob. rys. 6 w Ref.¹⁸.

Parafrazując, ścieżka HK przypomina przejście przez taflę jeziora po palach ukrytych tuż pod jego powierzchnią: w odróżnieniu od czasów Sokratesa pre-wiedza słuchaczy/uczniów, czyli możliwe rozdroża ścieżki poznawczej są tak różnorodne, że trudnością jest wybór wła-

²² Powinno być „zawartość tłuszczu 82%”: masło jest specyficzną emulsją tłuszczu i wody, w której zawartość wody musi zawierać się w przedziale 18–19%.

²³ G. Karwasz, *Teaching science in early childhood – inquiry-based, interactive path on energy*, in: *Physics Alive, Proceedings GIREP-EPEC Conference 2011*, ed. A. Lindell et al., University of Jyväskylä (2012), s. 68–73, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje_2011/Girep_2011_GK_full.pdf [dostęp: 05.05.2016].

ściwej z nich – tej, która prowadzi do kolejnego kroku poznawczego, a na końcu – do założonego celu.

Uwarunkowania społeczne

Trudnością post-totalitarnego społeczeństwa jest obawa przed indywidualną widocznością oraz wstyd przed indywidualną tożsamością (tj. odmiennością). System szkolny, nie tylko w Polsce, te odmienności uporczywie tępi, tracąc szansę na konstruowanie odmiennych, a równie skutecznych ścieżek poznawczych dla uczniów/studentów obdarzonych innymi predyspozycjami²⁴.

Według badań socjologicznych Geerta Hofstede²⁵ społeczeństwo polskie znacznie odróżnia się od np. skandynawskiego lub amerykańskiego: przywiązanie do autorytatywnych sposobów zarządzania, indywidualna obawa przed ryzykiem, niechęć do akceptacji własnej pomyłki czynią z Polaków społeczeństwo bardzo tradycyjne, nieprzygotowane do demokratycznych i dynamicznych struktur współczesnego świata. Jak wykazują badania efektywności dydaktycznej przeprowadzone przez Centrum Nauki Kopernik po 5 latach jego działania, sporą część niższej niż oczekiwana efektywności dydaktycznej tej nowoczesnej instytucji edukacyjnej można przypisać tradycyjnemu charakterowi polskiego społeczeństwa (i polskiej szkoły).

Hyper-konstrutywizm, jako awangardowa¹⁸ metoda nauczania, jest szansą nie tylko na przekaz nowych treści, ale również na przezwyciężenie tego tradycjonalizmu. Fizyka, nauka trudna, niechciana, w powszechnym rozumieniu oderwana od realnego świata (nie istnieje w naturze ruch jednostajny prostoliniowy) wydaje się nieadekwatna dla kształtowania postaw społecznych. Tak! Ale jedynie rozumiana w sposób Bismarckowy: jako dogmaty (trzy prawa Newtona) do za-

²⁴ M. Kozielska, *Edukacja techniczna w kontekście współczesnych koncepcji uczenia się i technologii informacyjnych: studia, badania, syntezy*, Toruń 2012.

²⁵ I. Hłowiecka-Tańska, *Czas na emocje i chaos*, „Newsweek Psychologia” 10/2015, <http://www.kopernik.org.pl/dla-nauczycieli/do-poczytania/czas-na-emocje-i-chaos>.

pamiętania i odtworzenia w czasie najbliższego testu „kompetencji” (gimnazjalnego/maturalnego/PISA etc.).

Teoretyczna baza dla zmiany dogmatycznego sposobu nauczania została określona prawie 30 lat temu, w słynnym artykule Lee Shulmana²⁶. Stwierdza on, że ważniejsza od wiedzy merytorycznej nauczyciela jest jego wiedza o powodach niewiedzy (lub wiedzy błędnej – mis-koncepcji) uczniów.

Niestety, dokonane w 2008 roku podsumowanie²⁷ pokazało, że słuszne postulaty o konieczności znajomości przez nauczyciela kontekstów pedagogicznych przekazywanej wiedzy (Pedagogical Contents Knowledge, PCK) w znikomym stopniu zostały przetłumaczone na zmiany sposobów nauczania konkretnych przedmiotów. Nadal nauczyciel (fizyki, języka polskiego, matematyki) dziwi się, że uczeń podaje tak absurdalną odpowiedź: to raczej nauczyciel jest absurdalnie niedouczony w zakresie PCK.

PCK jako warunek metody HK

Recepta Shulmana jest swego rodzaju przewrotem kopernikańskim w dydaktyce: to nie te poprawne odpowiedzi uczniów są cenne, ale te błędne. Ta miriada możliwych odpowiedzi błędnych, ale odpowiednio wyjaśnionych dlaczego są błędne, pozwala na „usieciowanie” wiedzy. Odpowiedzi błędne częstokroć odzwierciedlają historię poszukiwania właściwej prawdy naukowej. Inne wątpliwości, w rodzaju „co właściwie jest przyczyną grawitacji?” prowadzą do nowych zagadnień, jak na przykład ogólna teoria względności. Zbywanie (czasem realnych, czasem udawanych) poszukiwań poznawczych uczniów określeniem: „siadaj, dwójka!” jest stratą i szansy dydaktycznej, i pedagogicznej, jaką ta odpowiedź daje nauczycielowi.

²⁶ L. Shulman, *Knowledge and Teaching. Foundation of the New Reform*, “Harvard Educational Review” 57 (1982), p. 1–21.

²⁷ S.K. Abell, *Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea?*, “International Journal of Science Education”, Vol. 30, Issue 10, 2008.

Lee Shulman²⁸ pisze: „Nauczyciele muszą umieć nie tylko definiować przyjęte prawdy w określonej dziedzinie. Muszą również potrafić wyjaśnić, dlaczego określone stwierdzenie zasługuje na jego przyjęcie, dlaczego warto je znać, jak wiąże się z innymi twierdzeniami, tak we własnej jak innych dziedzinach, tak w praktyce jak w teorii”²⁹.

Dziesięciolecia rozwoju dydaktyki (m.in. fizyki) po artykule Shulmana zaowocowały ustawicznymi poszukiwaniami pre-koncepcji i mis-koncepcji uczniów: co oni robią źle, i ile błędnych sposobów nauczania można wymyśleć. Niestety, praktyczna recepta z tych poszukiwań rozczarowuje: „obecny stan dydaktyki jest zły, więc szukajmy kolejnego” (zazwyczaj równie błędnego)³⁰. Siłowe usuwanie lub ośmieszanie mis-koncepcji („Poruszające się ciała po pewnym czasie się zatrzymują”) zamiast ich konstruktywnego rozszerzania³¹, nie przynosi żadnego skutku – ani mis-koncepcja nie znika, ani autorytet nauczyciela nie poprawia się. Dlatego wyjście poza standardowe 1) „uczeń zna prawa Newtona”, 2) „uczeń rozumie prawa Newtona”, 3) „uczeń stosuje prawa Newtona” jest szansą nie tylko dla dydaktyki fizyki, ale i dla pedagogiki, a przede wszystkim dla samej fizyki.

PCK było bez wątplenia ideą wprowadzającą dydaktykę w XXI w. Niestety, praktyczne implementacje na dydaktyki szczegółowe, w tym na dydaktykę fizyki, okazały się ograniczone, tak w skali światowej,

²⁸ L.S. Shulman, *Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching*, “Educational Researcher”, Vol. 15, 2/1986, p. 4–14.

²⁹ Teachers must not only be capable of defining for students the accepted truths in a domain. They must also be able to explain why a particular proposition is deemed warranted, why it is worth knowing, and how it relates to other propositions, both within the discipline and without, both in theory and in practice”. L.S. Shulman, *Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching*, “Educational Researcher”, Vol. 15, No. 2 (Feb., 1986), p. 9.

³⁰ Ujmujemy to w postaci anegdoty: „Przychodzi pacjent do lekarza. Ten przeprowadza wszechstronne badania, po czym stwierdza: – Moim zdaniem, jest Pan chory”.

³¹ Dla pokazania, że ciała w ruchu nie zatrzymują się, dokonujemy małego „oszustwa”: puszczamy kulkę, ale po minimalnie pochylonym stole. Aby usunąć niepotrzebnego rozproszenia uwagi, prosimy uczniów, żeby zamknęli oczy: samo słuchanie usuwa niepotrzebne bodźce wzrokowe i pozwala się skupić na zgadywaniu odpowiedzi na pytanie: „co powiecie – jak poruszała się kulka?”.

jak i krajowej. Jak to ocenia Sandra Abell²⁸, 20 lat po pojawieniu się idei PCK praktyczne scenariusze w nauczaniu przedmiotów ścisłych nadal nie są jednoznaczne. Powszechnie przyznaje się również, że brak przygotowania nauczycieli w zakresie PCK jest zasadniczym ograniczeniem dla efektywności nauczania we współczesnej szkole. Podniesienie kompetencji pedagogicznych i interdyscyplinarnych nauczycieli, m.in. poprzez metodologię PCK, mogą uczynić, m.in. fizykę, przedmiotem przydatnym i interesującym.

Przykładowe działania wyjaśniające różne działy fizyki, a przy okazji kształtujące kompetencje społeczne i tożsamościowe, opisujemy w rozdziale 4 naszej książki³². Co więcej, prawie 10 lat naszej praktyki w zakresie hyper-konstruktywnego nauczania fizyki wskazuje, że to właśnie kompetencje społeczne są najważniejszym kapitałem, jakie z tych działań dzieci wynoszą.

Literatura przedmiotu nauczania kompetencji społecznych w dydaktykach szczegółowych, jak i praktyka tego nauczania jest uboga. O ile sporo piśmiennictwa zostaje poświęcone kompetencjom społecznym nauczycieli³³, to publikacje omawiające, jak nauczyciel ma tego rodzaju kompetencje przekazywać uczniom są sporadyczne, nie mówiąc o czterech aspektach indywidualności powyżej opisanych, zob. np. niedawny przegląd literatury w zakresie przedmiotów przyrodniczych i technicznych³⁴. Jednocześnie, szeroko zakrojone badania, np. ma poziomie ministerialnym w Anglii, wskazują na rosnącą potrzebę uświadamiania rodzicom i nauczycielom wagi rozwoju społecznego dzieci³⁵.

³² G. Karwasz, J. Kruk, *Idee i realizacje dydaktyki interaktywnej – wystawy, muzea i centra nauki*, Toruń 2012.

³³ A.I. Suciú, L. Mátá, *Pedagogical Competences – The Key to Efficient Education*, "International Online Journal of Educational Sciences", 2011, 3(2), p. 411–423.

³⁴ P. Potvin, A. Hasni, *Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research*, "Studies in Science Education", 2014, Vol. 50, No. 1, p. 85–129.

³⁵ Teachers, pupils and parents need to be made aware that work on emotional and social competence is a key priority, and be clear about why and how they and the rest of the school are setting about it (Wear, 2003: 36).

Hyper-konstruktywistyczna dydaktyka fizyki

W recepcie HK uczniowie (słuchacze) konstruują wiedzę w sposób pozornie spontaniczny. W rzeczywistości kroczą oni ścieżką wyznaczoną przez nauczyciela (wykładowcę), który stawia/sugeruje odpowiednie pytania, nie odrzuca odpowiedzi błędnych, a nagradza te poprawne. Prawda naukowa powstaje w dyskusji z nauczycielem, w oparciu o wcześniejszą wiedzę uczniów. Muszą być oni przekonani, że samodzielnie dokonali naukowego odkrycia – uczestniczą w zbiorowej dyskusji oraz myśleniu twórczym. Każda odpowiedź ucznia/słuchacza jest jednocześnie możliwością pedagogiczną podkreślania jego tożsamości. Parafrazując nieco: nie ma odpowiedzi błędnych ucznia, są jedynie nieprecyzyjnie zadane pytania.

Dodatkowym elementem lekcji HK z fizyki jest wykorzystanie realnych eksponatów – zarówno wcześniej przygotowanych stanowisk pokazowych, jak i prostych eksperymentów *ad hoc*. W czasach wirtualizacji życia – tak wiedzy, jak relacji interpersonalnych – możliwość „dotknięcia” realnych eksponatów nadaje poznaniu posmak fascynacji. Realny eksponat nie tylko dostarcza pełni doznań – ma swój ciężar, kolor, dźwięk, ale zapewnia nie tylko oczekiwany wynik doświadczenia, ale również ma mnóstwo wyników „nieudanych”. Te wszystkie nieudane wyniki stają się szansą na PCK: wytłumaczenie, że w doświadczeniu realnym wiele czynników, nie tylko te przewidywane, wpływa na wynik eksperymentu.

I tak hyper-konstruktywistyczna ścieżka poznawcza w nowoczesnej dydaktyce fizyki jest konstruowana nie poprzez rozumowania teoretyczne, ale poprzez ciąg ściśle zaplanowanych eksperymentów, będących odpowiedzią na kolejne pytania badawcze, pojawiające się na ścieżce poznania. Jak wspomniano, są to głównie eksperymenty wcześniej przygotowane, w ściśle określonej sekwencji – oczekiwanej ścieżki pytań/odpowiedzi. Proste doświadczenia *ad hoc* (z monetą z kieszeni, kablem zasilacza, okularami ucznia) dopełniają warianty ścieżki poznawczej, jeśli zajdzie potrzeba, w myśl metodologii PCK, pedagogicznego wyjaśnienia błędnej odpowiedzi lub nieoczekiwanego pytania.

Jak to pokazują szczegółowe sytuacje praktyczne, zbiorowe nauczanie z przewodnikiem (nauczycielem) rozwija cały szereg oddziaływań społecznych, zarówno pomiędzy uczniami, jak i między nimi a wykładawcą. Jest to obopólna praktyka społeczna i pedagogiczna. Doświadczenia angażują emocjonalnie – ich wynik nie zawsze jest zgodny z przewidywaniami: oklaski, zdziwienie, przestrach to emocje, które wspomagają czysto racjonalne poznanie. Jak pisze Barbara Rogoff: „Praca doświadczalna jest modelem dla rozwoju poznawczego dzieci, skupia uwagę na aktywnej roli dzieci w organizowaniu pracy, wymaga aktywnego wsparcia i zachęca ich do interakcji społecznej, różnych zadań i działań, porządkuje socjo-kulturowy charakter instytucjonalnych treści, technologii i celów czynności poznawczych”³⁶.

Uniwersytety Dziecięce

Uniwersytety dziecięce są innowacyjną instytucją edukacji pozaszkolnej, w której profesjonalni wykładowcy, zazwyczaj uniwersyteccy, przybliżają naukę dzieciom w wieku 5–12 lat. Autorzy w latach 2007–2016 przeprowadzili ponad 150 wykładów i warsztatów w różnych miejscach Polski – od Lublina, Gdańska, po Wrocław i Zieloną Górę. Instytucjonalnie uniwersytety te prowadzone są tak przez uczelnie wyższe, jak i przez drobne, prywatne instytucje edukacyjne. Szczególnie aktywna na tym polu jest tzw. ściana zachodnia – Wałbrzych, Głogów, Brzeg, Namysłów, Dzierżoniów, Legnica, Gorzów Wlkp. itd.

Sukces uniwersytetów dziecięcych w całej Europie pokazuje, że mimo ciągłych innowacji dydaktycznych w systemach szkolnych i powszechnego dostępu do wiadomości w Internecie, istnieje ogromne zapotrzebowanie na prosty przekaz naukowy – kompetentny, interesujący i na poziomie dzieci. Wpisuje się to w ogólniejsze spostrzeżenie, że nadal większość społeczeństwa czerpie wiedzę naukową z przekazu pozaszkolnego i nieformalnego, jak to stwierdziła Joan Solomon³⁷.

³⁶ B. Rogoff, *Apprenticeship in Thinking. Cognitive Development in Social Context*, New York, Oxford, 1990, p. 39.

³⁷ [...] most people have interests related to science (even if they do not always recognise this), but even so they seldom rely heavily on their learning from

Nadzwyczajnego sukcesu Uniwersytetów Dziecięcych w Polsce należy też upatrywać we względnym ubóstwie (w porównaniu np. do Niderlandów³⁸) treści i form nauczania przedmiotów przyrodniczych w polskiej szkole podstawowej, w jej autorytatywnej organizacji i zarządzaniu³⁹ oraz celach nauczania *de facto* ukierunkowanych na realizację testów⁴⁰.

Przykłady implementacji HK w nauczaniu fizyki

Kilkuletnie kontakty z tymi samymi ośrodkami UniKids wymagały przeprowadzania zajęć w różnych tematykach – od mechaniki („Dlaczego ciała spadają?”), przez elektryczność („Pstryczek-elektryczek”), akustykę („Wszystko gra”), optykę („Ale kino!” „Jakiego koloru jest różowa lampka”) i zagadnienia interdyscyplinarne („Skok z kosmosu”). Przekazywane treści były więc różne, odmienne też były grupy wiekowe i ich wiedza wyjściowa. Niezależnie jednak od tych czynników, podobne były reakcje na działania pedagogiczne, kształtujące zachowania indywidualne, i na efektywność konstruowania wiedzy.

Testy, przeprowadzone kilka miesięcy po wykładach i sprawdzające poprawność (i trwałość) przekazu, przedstawiono w poprzednim

formal science education. Indeed, reflecting findings from Solomon's earlier studies, the form of the everyman's science-related knowledge is often quite unlike formal scientific knowledge. It is less clear what the take-away message should be in this regard. Perhaps science education for scientific literacy has failed (Taber, 2014: 111). K.S. Taber, Book review: *What little they remember: understanding science in the life-world, Science of the people: understanding and using science in everyday contexts*, by Joan Solomon, Abingdon, Routledge, 2013, "Studies in Science Education", Volume 52, issue 1, 2016, p. 106–117.

³⁸ R. Gresnigt, R. Taconis, H. van Keulen, K. Gravemeijer, L. Baartman, *Promoting science and technology in primary education: a review of integrated curricula*, "Studies in Science Education", 2014, Vol. 50, No. 1, p. 47–84.

³⁹ G. Karwasz, *Edukacja, ale jaka?*, „Forum Akademickie” 1/2013, s. 44–47.

⁴⁰ M. Jakubowski, H.A. Patrinos, E.E. Porta, J. Wiśniewski, *The Impact of the 1999 Educational Reform in Poland*, OECD Working Paper Np. 49, OECD Directorate for Education, EDU/WKP(2010)12, www.oecd.org/pisa/pisaproducts/45721631 [dostęp: 05.05.2016].

opracowaniu⁴¹. Niniejsza praca jest sprawozdaniem z reakcji psychologicznych dzieci. Nie przeprowadzono analiz porównawczych, jako że wykład/warsztat dla każdej grupy (odpłatne dla uczestników) musiał być przeprowadzony na najwyższym osiągalnym poziomie merytorycznym i pedagogicznym. Powracające zaproszenia do tych samych ośrodków (aż do nasycenia tematyki) oraz korespondencja prywatna od dzieci, świadczą o sukcesie przedsięwzięcia.

Spontaniczny udział dzieci i młodzieży w procesie poznawania tajników nauki staje się również okazją do działań pedagogicznych. Mamy tu na myśli oczywiście cele pedagogiczne XXI w., które stanowią o sukcesie przyszłego dorosłego obywatela wytwórcy i o odnoszącej sukces ekonomicznej i cywilizacyjnej społeczności. Wywodzą się one z korzeni kultury tzw. zachodniej (tzn. europejskiej) i są to:

- indywidualna odpowiedzialność,
- indywidualna widoczność,
- indywidualna decyzyjność,
- respekt norm prawnych⁴².

Realizacja powyższych celów na wykładach interaktywnych nie jest łatwa i wymaga jasnego *wyodrębnienia* eksponatów i/lub części wykładu, w którym treści merytoryczne ustępują celom pedagogicznym. W trakcie wykładu ważne jest podkreślanie osoby pojedynczego widza – przez podział ról na wykonującego doświadczenie i obserwatorów.

⁴¹ G. Karwasz, *Teaching science in early childhood – inquiry-based, interactive path on energy*, in: *Physics Alive, Proceedings GIREP-EPEC Conference 2011*, ed. A. Lindell et al., University of Jyväskylä (2012), 68–73.

⁴² Zob. G. Karwasz, *Post-konstruktywizm a korzenie kulturowe Europy*, „Acta Universitatis Nicolai Copernici, Pedagogika” XXVII 2011, s. 75.



Fot. 1. Elementy pedagogiczne wplecione w interaktywny wykład z mechaniki dla dzieci, UniKids, Gdańsk, luty 2011: **a)** współpraca grupowa, nawet jeśli nie ma ona sensu – telekinezyjne zaklinanie: „Piłeczko, podskocz!”; **b)** indywidualna widoczność i indywidualna decyzyjność: „Proszę, zważ i pokaż wszystkim, który samochódzik jest cięższy! Ten w lewej, czy ten w prawej ręce?”; **c)** normy zachowania: „Teraz proszę wszystkich o zamknięcie oczu”. Słuchamy, czy kaczki po równi schodzą „równym” krokiem, czyli uczymy się definicji ruchu jednostajnego, prostoliniowego. Dyscyplina na widowni jest wymogiem sukcesu dydaktycznego. Osiągamy ją nie nakazem, ale zmiennym rytmem narracji i bogactwem ekspozycji (autor GK, fot. Maria Karwasz).

Aspekt pedagogiczny staje się szczególnie ważny w pracy z dziećmi, niezależnie czy są to zorganizowane grupy szkolne, czy uczestnicy sobotnio-niedzielných wykładów Uniwersytetu Dziecięcego. Wykładowca w każdej chwili wykładu ma możliwość realizacji określonych celów: uzyskania współpracy zespołowej, wyzwolenia solidarności grupowej, podkreślenia podmiotowości indywidualnej, okiełznania nadpobudliwości itd. itp. Właściwa interakcja pedagogiczna z widownią jest wręcz niezbędna do uzyskania szczegółowych celów dydaktycznych. Na poniższych zdjęciach (fot. 2) przedstawiamy kilka z wielu sytuacji, kiedy interakcja pedagogiczna z dziećmi stawała się priorytetem w stosunku do działań dydaktycznych.

Odpowiednie oddziaływanie pedagogiczne – demokratyczne, ale zdecydowane, liberalne, jednak określające jasne granice, entuzjastyczne, ale zaplanowane – jest w znakomity sposób intuicyjnie wyczuwane przez dzieci. Dzięki temu poddają się one z zainteresowaniem i zadowoleniem presji dydaktycznej i naukowej. Łatwo skupiają uwagę na przekazywanych treściach i chętnie biorą udział w prezentowanych doświadczeniach. Podczas wykładu interaktywnego pod-

stawowym wymogiem pozostaje właściwe zaplanowanie roli eksponatu oraz przestrzeni wykładowej. W prostych doświadczeniach z drewnianymi eksponatami dydaktycznymi uczestnicy warsztatów mogą być podzieleni na grupy pracujące samodzielnie i samodzielnie określające styl pracy (fot. 2a). W pokazach dla dużej widowni należy jasno zdefiniować, kto w określonym momencie nadaje rytm wykładu. W zabawie po wykładzie dostateczna liczba eksponatów musi zapewnić każdemu z widzów możliwość samodzielnego sprawdzenia doświadczeń uprzednio widzianych jedynie z daleka (zob. fot. 2c). Samodzielna „zabawa” eksponatem to nie tylko funkcja ludyczna, ale przede wszystkim aspekt pedagogiczny – dowartościowania osobowości młodego człowieka.



Fot. 2. Zadania pedagogiczne w interaktywnych wykładach dla dzieci w ramach Uniwersytetu Pierwszego Wieku „UniKids”: **a)** spontaniczny podział ról w planowaniu eksperymentu – sprawdzenie, który samochód zjedzie szybciej na równi pochyłej; **b)** wspomaganie podmiotowości: „No, spokojnie powiedz wszystkim, co chciałeś!”; **c)** fascynacja zwycięża stres: „Wreszcie mogę spróbować sam! Który samochód zjedzie szybciej?” (autor i prowadzenie GK, fot. MK).

Wśród starszej młodzieży gimnazjalnej obserwuje się często, w odróżnieniu od młodszych dzieci, brak chęci „wyjścia z anonimowego tłumu” i uczestniczenia w pokazach. Uczniowie gimnazjów wykazują postawę nieaktywną i nie chcą łamać grupowej solidarności. Dopiero po kilkukrotnym zdecydowanym zachęceniu ich do aktywnego wzięcia udziału w doświadczeniu na scenę wychodzi nie jeden uczeń, ale dwie uczennice tak, aby było im razem raźniej występować przed rówieśnikami.



Fot. 3. Wyjść z anonimowego tłumu (wykład interaktywny w XV ZS w Bydgoszczy, XII 2009): **a)** występ na scenie z jednej strony nobilituje, ale z drugiej jest złamaniem grupowej solidarności, nawet jeśli jest ona źle pojęta; dopiero gimnazjalistki występujące w parze zgadzają się na aktywne uczestnictwo w pokazie, ale nadal traktują to ironicznie (wirujący japoński bąk z drewna); **b)** najtrudniej przełamać początkową, zorganizowaną niejako, pozorną obojętność; kolejni uczestnicy wykazują już żywe zainteresowanie (wirujący żyroskop wewnątrz „latającego dysku” z Australii, autor scenariusza i prowadzenie GK, fot. MK)

W nauczaniu fizyki elektryczność jest tematyką, która pozwala na zorganizowanie pełnego zaangażowania współdziałania dzieci. Kształtowaną zbiorową kompetencją praktyczną jest przekaz: „Prąd elektryczny jest bardzo niebezpieczny”⁴³.

Przykład 1: Elektrostatyka: napięcia i zagrożenia

Punktem wyjścia do przeprowadzenia lekcji nie jest „pokazać coś z elektryczności” ani nawet „pokazać kilka doświadczeń z elektrostatyki”, ale stworzyć ścieżkę poznawczą, która pozwoli na podstawową kompetencję praktyczną – zachowanie zasad bezpieczeństwa przy wszelkich możliwych zjawiskach elektrycznych (łącznie ze wstawianiem z plastikowego krzesła). Samo powiedzenie: „prąd jest niebezpieczny” byłoby jednak dogmatem. Podczas zajęć dzieci same docho-

⁴³ Pokazujemy to przez pomiar, za pomocą elektroskopu Volty, napięć elektrostatycznych w codziennym życiu, przez pokazanie iskier z maszyny elektrostatycznej i piezoelektrycznego zapalacza do gazu oraz przez małą scenkę, w której dziecko dotyka gołego przewodu elektrycznego, ale bez napięcia, a efekt przestraszenia powoduje niespodziewane „buu!” ze strony wykładowcy.

dzą do wniosku, że napięcia pochodzące z tarcia wełny o plastik są rzędu kilowoltów (udowadniamy to za pomocą elektroskopu, po wcześniejszym pokazaniu skali przyrządu), a zasilanie telefonu komórkowego to napięcie zaledwie 3,7 V.

Podstawą lekcji konstruktywistycznej jest więc zdefiniowanie celu pedagogicznego, minimalnego zbioru niezbędnych pojęć fizycznych, dostępnych w danej sytuacji przyrządów (w każdej szkole inne), a dopiero wówczas umieszczenie doświadczeń na właściwej ścieżce poznawczej.

Reasumując, należy zdefiniować *a priori*:

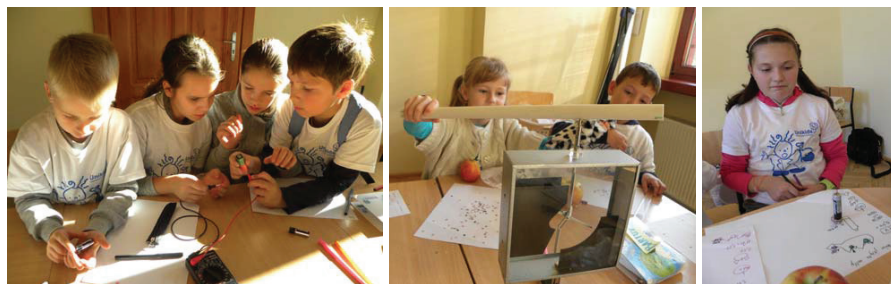
I) zadania: pojęcia napięcia, prądu, wolt – V; II) typ działań: najlepiej warsztaty, głównie samoorganizowane przez uczniów; III) technologia: rury z tworzyw sztucznych, małe papierki confetti, elektroskop Volty⁴⁴, miernik uniwersalny, stare baterie z napisanymi napięciami w woltach na etykietach; IV) kompetencje społeczne przydatne we własnym dorosłym życiu: wykorzystanie uniwersalnego miernika, wielkości napięć spotykane w życiu codziennym, różnica między przewodnikiem a izolatorem i końcowe stwierdzenie „elektryczność jest bardzo niebezpieczna”, V) kontekst społeczny: podział zadań (fot. 4a), napisanie raportów (fot. 4c).

W nauczaniu elektryczności koncepcje napięcia, prądu i mocy nie wymagają definicji matematycznych, a uczniowie mogą znaleźć je napisane na baterii telefonów komórkowych. Oni rozumieją, że 4 kV (kilowolty) to znacznie więcej niż 220 V, a zatem napięcie pierwsze jest bardziej niebezpieczne. Pozwólmy sprawdzić uczniom napięcie wytworzone przez efekt trybologiczny (fot. 4b). „Jeśli ta strzałka obróci się, napięcie będzie wynosiło 4 kV! Sprawdźmy to. Pamiętaj, że nigdy nie można dotykać elementów wewnątrz telefonu komórkowego, kiedy siedzicie na plastikowym krześle!”

Lekcje i warsztaty z elektryczności oferują także inne kompetencje społeczne: dzieci (dziewczynki również, fot. 4a) zapoznają się z pomiarami elektrycznymi. Dzieci wykonują pomiary elektryczne starych baterii za pomocą miernika uniwersalnego i przygotowują pisemne raporty, które są jednym z czterech celów edukacyjnych określonych

⁴⁴ G. Karwasz, A. Karbowski, *Na końcu języka (Volty)*, Foton 96, 2007, s. 34.

przez OECD⁴⁵ (fot. 4a). Warsztaty pozwalają również eksperymentować dzieciom współpracując w grupach, ze spontanicznym definiowaniem i podziałem zadań (patrz fot. 4a i 4b).



Fot. 4. Interaktywne warsztaty z elektryczności (UniKids, Głogów, X 2011): **a)** spontaniczny podział zadań podczas mierzenia napięcia starych baterii: od lewej, chłopiec zapisuje mierzone wartości, dziewczynka trzyma końcówki woltomierza (i organizuje pracę), druga dziewczynka sprawdza i odczytuje wskazania, a drugi chłopiec podaje baterię; **b)** sprawdzenie, że efekt trybologiczny jest niebezpieczny: strzałka elektroskopu Volty pokazuje napięcie 4 kV: dziewczynka jest odważniejsza, mimo że sam pomiar jest mniej ryzykowny niż elektryzowanie; **c)** zadowolenie dziewczynki, gdy samodzielnie zmontowany mini-silnik elektryczny obraca się. (Scenariusz, rekwizyty i prowadzenie GK, foto Maria Karwasz)

Przykład 2: Jak wybierać kolor sukienki?

Pierwsza część (5 minut) interaktywnego wykładu o kolorach przypomina pokaz mody z dwiema modelkami. Podobnie jak w przypadku elektryczności, definiujemy:

I) zadania: tło fizyczne: widmo światła, kolory podstawowe, kolory złożone (purpurowy, brązowy), źródła światła (LED)⁴⁶;

⁴⁵ AHELO. The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD): Testing student and university performance globally: OECD's AHELO (<http://www.oecd.org/>), [edu/skills-beyond-school/testingstudentanduniversityperformancegloballyoecdshelo.htm](http://www.oecd.org/edu/skills-beyond-school/testingstudentanduniversityperformancegloballyoecdshelo.htm) [dostęp: 05.05.2016].

⁴⁶ G. Karwasz, K. Fedus, K. Służewski, D. Stolarz, A. Krzysztofowicz, M. Gagoś, *Inside the didactics of colours – red-cabbage juice as a teaching tool*, in: *Color and*

II) działalność: interaktywny teatr, w którym publiczność próbuje odgadnąć kolory włosów oświetlane w całkowitej ciemności tylko lampami LED o różnych kolorach (zielony, czerwony, niebieski);

III) technologię: dwie peruki posiadające włosy w kolorach niepodstawowych (fot. 5c); IV) kompetencje społeczne: „kupowanie sukienki w sztucznym świetle może doprowadzić do poważnego rozczarowania”, V) kontekst społeczny: zbiorowe zdumienie jak oświetlenie LED zmienia postrzeganie kolorów różnych przedmiotów.



Fot. 5. Interaktywne nauczanie kompetencji społecznych w rozpoznawaniu kolorów (UMK, IV 2011): **a**) w środku standardowego interaktywnego wykładu z optyki, umieszczona jest następująca scena, w której dwie wybrane dziewczynki odgrywają role modelek. W całkowitej ciemności wykładowca zakłada im sztuczne kolorowe włosy (peruki); **b**) publiczność ma zgadnąć, jakie są kolory włosów. W całkowitej ciemności zapalane są osobno w odpowiedniej kolejności światła LED: czerwone, zielone, niebieskie i oświetlane są nimi włosy modelek. Zdziwienie jest kompletne, ponieważ publiczność nie przewidziała prawidłowo żadnego koloru włosów (w pierwszych ławkach siedzą dzieci w wieku 9–10 lat, z tyłu – uczniowie Liceum Pedagogicznego z Trento we Włoszech, na stojąco – nauczyciel fizyki); **c**) dziewczynki zadowolone spełnioną rolą w pokazie, pozują do końcowego zdjęcia (projekt, obiekt, prezentacja doświadczenia – GK, zdjęcia M. Karwasz).

Przykład 3: Dlaczego niektóre dźwięki są niemiłe?

Tematyka tego wykładu to akustyka, a dokładniej – analiza harmoniczna dźwięków. Podobnie jak poprzednio punktem wyjścia może być np. wiedza nauczyciela o konstrukcji różnych instrumentów muzycznych⁴⁷, wiedza fizyczna o drganiach⁴⁸, wiedza matematyczna o transformacie Fouriera⁴⁹ lub ogólne zamiłowanie do muzyki (kolorowe słupki pojawiające się przy słuchaniu melodii np. ze smartfona).

Na początku formułujemy: I) zadania – wysokość i amplituda dźwięków, składowe harmoniczne (analiza Fouriera); II) działalność – warsztaty, głównie organizowane przez uczniów; III) technologia – rury od odkurzacza, butelki, zbiory etnograficzne instrumentów z różnych stron świata (kastylijskie kastaniety, boliwijskie bongo, peruwiańskie rury do zaklinania deszczu itd.); IV) kompetencje społeczne – wszystko gra, a nasze ucho rozróżnia, co gra; V) kontekst społeczny – gra w zespole wymaga ćwiczeń, koordynacji, uwagi, współpracy (i podstawowej wiedzy o skali fortepianowej).

W Polsce dzieci uczęszczają na interaktywne zajęcia z fizyki, odbywające się w ramach Uniwersytetów Dziecięcych, gdy mają 6 lat i więcej. Eksperymenty z prostymi eksponatami wykonanymi w taki sposób, aby mogły być zrealizowane określone cele pedagogiczne, umożliwiają dzieciom odkrywanie zjawisk fizycznych, nawet w tak młodym wieku, i przynosi to im wiele radości!

Analiza harmoniczna była trudnym zadaniem nawet sto lat temu. Obecnie wszystkie dzieci wiedzą co oznaczają „słupki” w sprzęcie muzycznym, które pojawiają się podczas słuchania muzyki. W sposób hyper-konstruktywistyczny można skojarzyć widma harmoniczne z niektórymi dźwiękami: najbardziej prosty jest dźwięk wytwarzany, gdy pocierany jest zwilżonym palcem brzeg kieliszek do wina (fot. 6c). Ludzki głos jest multiharmoniczny, nie mówiąc o dźwiękach wytwa-

⁴⁷ E. Rajch, G. Karwasz, *Czarodziejski flet*, „Fizyka w szkole” nr 1/2006, s. 26.

⁴⁸ E. Rajch, G. Karwasz, *Szampańska muzyka*, Foton 85 (Lato 2004), 40.

⁴⁹ G. Karwasz, G. Osiński, *Trygonometria akustyczna*, cz.1, „Matematyka w Szkole” 28 (V/VI/2007) 24, 29 (IX/X/2007) 25.

rzanych przez bębny, drewnianą żabę afrykańską, puszki Coca-Coli wypełnione ryżem lub kaszą.



Fot. 6. Interaktywna akustyka (UniKids Wałbrzych, X 2014, Lublin, IX 2014) – celem edukacyjnym (i narzędziem) jest tzw. transformata Fouriera, czyli analiza barwy dźwięku. **a)** Rozpoczynamy od poszukiwania ładnego głosu. Dzieci początkowo ociągają się z udziałem w spektaklu. „Jak ci na imię? – Spróbuj zaśpiewać do mikrofonu najładniejszym głosem jak potrafisz. – Spójrz na ekran! Głos jest miły, gdy widzisz na ekranie tylko kilka kresek pionowych. Spróbuj jeszcze raz!”; **b)** „A teraz wszyscy – udajemy barany. Głośniej! Nigdy nie słyszeliście barana?” Nieco wymagające poprzednie zadanie „pięknego głosu” zamienia się w zbiorowe beczenie. Interaktywne zabawy nie tylko pozwalają utrzymać uwagę dzieci, ale wyzwalają w nich spontaniczną chęć uczestnictwa indywidualnego w kolejnych doświadczeniach; **c)** gra z wykorzystaniem kieliszków nie jest zbyt pedagogiczna („Pamiętaj! Nigdy nie rób tego bez taty!”), ale bardzo pouczające – rozwija koncentrację uwagi i precyzję ręcznego wykonania doświadczenia – prowadzenie palca po brzegu kieliszka musi być równe i delikatne (foto UMCS, Lublin, 25/09/2014).

Wnioski

Zmiana w nauczaniu przedmiotów ścisłych i przyrodniczych jest pilnie potrzebna: jak to stwierdziła krytycznie Joan Solomon⁵⁰: mimo ogromnego wysiłku, nadal większość społeczeństwa nie czerpie wiedzy o tych naukach ze szkoły. Nowe metodologie, jak PCK i HK, mają jako dalekosiężny cel zwiększenie użyteczności i przydatności fizyki

⁵⁰ K.S. Taber, Book review: *What little they remember: understanding science in the life-world*, Science of the people: understanding and using science in everyday contexts, by Joan Solomon, Abingdon, Routledge, “Studies in Science Education”, Volume 52, issue 1, 2016, p. 106–117.

w życiu zawodowym, a także akceptowalności fizyki jako nauki (bardzo kosztownej, a pozornie mało przydatnej).

Rola kształtowania kompetencji społecznych przypisywana jest zazwyczaj wąsko pojętej pedagogice. Pokazujemy przez dziesiątki praktycznych działań⁵¹, że rolę tę mogą, a nawet muszą wspomagać poszczególne dydaktyki przedmiotowe. Wymaga to jednak przygotowania szczegółowych scenariuszy poszczególnych tematów na poziomie nauczyciela tak, aby mógł on je następnie „przetłumaczyć” na poziom uczniowski. Potrzebne są scenariusze interdyscyplinarne, oparte na globalnej (tj. internetowej) wiedzy i postępujące proponowaną metodą HK⁵². Odpowiednie, interdyscyplinarne i innowacyjne nauczanie przedmiotów przyrodniczych na wczesnych etapach nauczania prowadzi do bardzo pozytywnych ocen afektywnych, lepszych niż w przedmiotach humanistycznych, jak to wykazały np. badania niderlandzkie⁵³.

W polskiej praktyce szkolnej rysuje się jednak pewna trudność. Wprowadzanie 1) interaktywnego sposobu „uzgadniania” wiedzy, z jednoczesnymi 2) wymogami PCK, czyli wyjaśniania pedagogicznego nieprawidłowości myślenia ucznia, a przy tym 3) respektowanie kompetencji społecznych stawia przed nauczycielami bardzo wysoki próg kompetencji. Jak wykazuje nasza współpraca ze środowiskiem szkolnym, niewielka część nauczycieli jest do takiej działalności przygotowana.

Potwierdzają to również badania efektywności lekcji w zakresie przyrody dla dzieci w wieku 8–11 lat w Irlandii Północnej: „Nauczyciele potrzebują wyższych umiejętności, aby rozwijać tego rodzaju działania oraz umiejscowić lekcję w jednostce tematycznej lekcji⁵⁴”.

⁵¹ G. Karwasz, *Feeding and fishing, czyli o popularyzacji i o rekrutacji (I)*, Głos Uczelni, 6 (292) 2010, s. 12–13; G. Karwasz, *Popularyzacja ale jaka?*, „Głos Uczelni” 5 (351) 2015, s. 21–23.

⁵² G. Karwasz, J. Chojnacka, *Wewnętrzny ogień, czyli o tektonice płyt Ziemi*, „Geografia w Szkole” 3/2012, s. 28–35.

⁵³ R. Gresnigt, R. Taconis, H. van Keulen, K. Gravemeijer, L. Baartman, *Promoting science and technology in primary education: a review of integrated curricula*, „Studies in Science Education” 2014, Vol. 50, No. 1, p. 47–84.

⁵⁴ “However, teachers require more experience developing facilitation skills and in fitting science into a thematic teaching unit.” (tłum. GK). L. Dunlop,

Niezbędne jest więc istotne podniesienie jakości nauczania na kierunkach nauczycielskich, wprowadzając nie tylko zagadnienie tematyczne (jak fizyka), ale również pedagogikę społeczną i dydaktykę kognitywistyczną.

W konkluzji zaznaczamy, że „eksperymentowane” przez nas cztery wymienione kompetencje osobiste są jedynie podstawą we wczesnym okresie szkolnym do kształtowania wspomnianej „shopping list”⁵⁵. Jedynie w osobowości ucznia, który właściwie waloryzuje własną odrębność ontologiczną, można budować dalsze kompetencje społeczne, np. przewidziane dla szkół wyższych⁵⁶. Na tych z kolei można konstruować siedem zasadniczych kompetencji „niezbędnych do przeżycia w karierze zawodowej, na uczelni, w społeczeństwie:

- myślenie krytyczne i rozwiązywanie problemów;
- współpracę poprzez sieci i przywództwo poprzez wpływ;
- plastyczność i adaptację
- inicjatywę i przedsiębiorczość;
- efektywną komunikację słowną i pisemną;
- dostęp i analizę informacji”⁵⁷ (cyt. za: Scheer⁵⁸).

Podobne wytyczne obejmuje wprowadzany przez OECD system oceny jakości na uczelniach wyższych AHELO. Monitoruje on: krytyczne

K. Compton, L. Clarke, V. McKelvey-Martin, *Child-led enquiry in primary science*, “Education 3–13”, 2015, Vol. 43, No. 5, p. 462–481.

⁵⁵ O. Kallionen, *Defining and Comparing Generic Competences in Higher Education*, “European Educational Research Journal”, March 2010, vol. 9 no. 1, p. 56–68.

⁵⁶ G. Gedviliene, S. Gerviene, A. Pasvenskiene, S. Ziziene, *The social competence concept development in higher education*, “European Scientific Journal”, October 2014 edition vol.10, No. 28, p. 36–49.

⁵⁷ Tony Wagner calls them the “seven survival skills for careers, college, and citizenship” (Wagner 2011): • critical thinking and problem solving; • collaboration across networks and leading by influence; • agility and adaptability; • initiative and entrepreneurialism; • effective oral and written communication; • accessing and analysing information; • curiosity and imagination (cyt. Za: Scheer, 2012)

⁵⁸ A. Scheer, C. Noweski, C. Meinel, *Transforming Constructivist Learning into Action: Design Thinking in education, Design and Technology Education*, “An International Journal” 17.3, 2012, p. 8–19.

myślenie, rozumowanie analityczne, rozwiązywanie problemów, komunikację pisemną⁵⁹. Kształtowanie tych siedmiu (a czterech w ujęciu OECD) umiejętności „przeżycia” wśród studentów będzie przedmiotem naszych najbliższych działań.



Fot. 7. Interaktywna akustyka (UniKids Poznań, X 2015). Przykład wspaniałej współpracy, kiedy dzieci podczas interaktywnego wykładu grają razem utwór pt. “Panie Janie” na plastikowych rurach w jednej orkiestrze.

Summary

HYPER-CONSTRUCTIVISM IN THE TEACHING OF PHYSICS: INDIVIDUAL IDENTITY AND SOCIAL COMPETENCE

This paper demonstrates how hyper-constructivist methodology used in interactive lectures and workshops in physics for children and young people develops both the individual identity of young people and their social competence. These activities are also examples of the practical implementation of the long-proposed pedagogical contents knowledge.

Key words: individual identity, social competence, hyper-constructivism, interactive physics

⁵⁹ AHELO. The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)...