

## Fizyka a oświata

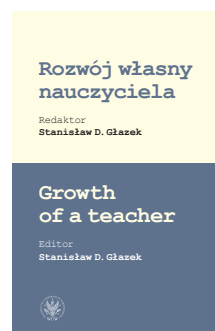
Stanisław D. Głazek

Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

**Sreszczenie.** Punktem wyjścia niniejszego artykułu są eseje autorstwa doświadczonych nauczycieli z Polski i USA zebrane w tomie *Rozwój własny nauczyciela*. Z treści publikacji można wysnuć wnioski, że głównym zadaniem szkoły jest stworzenie warunków do wszechstronnego rozwoju uczniów poprzez nauczanie zasad demokratycznego myślenia i tłumaczenie na czym ono polega w praktyce. Realizacja tego celu wymaga prowadzenia przez nauczycieli w ich klasach badań nad tym, jak faktycznie uczniowie się uczą i jak im w tym skutecznie pomagać. Nauczyciele potrzebują do tego swojej własnej organizacji badawczej, podobnej do tej, jaką fizycy już mają. Rozwój szkoły i tym samym nasza przyszłość zależą od współpracy fizyków i nauczycieli przy tworzeniu analogicznej nauczycielskiej organizacji badawczej.

W 2019 roku ukazał się drukiem zbiór esejów *Rozwój własny nauczyciela*<sup>1</sup> autorstwa doświadczonych nauczycieli z Polski i z USA, pod redakcją autora niniejszego artykułu. Ich wypowiedzi pokazują, że wychowywanie i kształcenie uczniów na mądrych i kompetentnych obywateli jest trudnym zadaniem, którego wykonywanie jest sztuką i wymaga od nauczycieli umiejętności własnego rozwoju. Jednak praca nauczyciela nie jest obecnie rozumiana i doceniana zgodnie z jej faktyczną rolą. Zmiana tego stanu rzeczy wymaga nowego trybu porozumienia i współpracy nauczycieli wszystkich szczebli.

Opublikowany zbiór składa się z trzech polskich i trzech amerykańskich esejów oraz wypowiedzi redaktora tomu. Regina Kostkiewicz, dyrektor szkoły w Wiewie w powiecie leszczyńskim, pisze o rozwoju własnym nauczyciela przyrody w szkole podstawowej. Andrzej Janowski, zasłużony instruktor harcerstwa polskiego i wiceminister edukacji narodowej w pierwszym rządzie III Rzeczypospolitej, podkreśla złożoność profesjonalnego rozwoju nauczyciela z punktu widzenia profesora pedagogiki. Krystyna Starczewska, filozof i reformator, porównuje sytuację nauczyciela we współczesnym



systemie edukacji z wizją nauczyciela przyszłości, opierając tę wizję na przykładzie współtworzonego przez nią zespołu szkół „Bednarska”. Marion Appelquist przedstawia swoją karierę nauczycielki fizyki z wieloletnim stażem pracy w jednym z czołowych prywatnych liceów w USA. Eric Nadelstern dzieli się swoimi wnioskami z pracy w Wydziale Edukacji Urzędu Miasta Nowy Jork, w którym kierował procesem doskonalenia zawodowego nauczycieli ponad tysiąca szkół nowojorskich. Debora Meier, lider postępowego ruchu reformowania szkolnictwa w Stanach Zjednoczonych, przedstawia rozwój nauczyciela jako twórcy postaw demokratycznych u uczniów. Redaktor zbioru zauważa, że nauczyciele nie mają własnej organizacji, w której mogliby systematycznie i skutecznie budować swoją profesję.

Profesor Andrzej Białas, wieloletni prezes Polskiej Akademii Umiejętności, napisał, że zbiór *da się czytać*<sup>2</sup>. Szczególnie podobał mu się esej Debory Meier o kształceniu postawy demokratycznej. Jej esej podaje przykład programowego kształcenia takiej postawy przez wyrażanie w uczniach nawyku stawiania sobie pytań:

- Skąd to wiem i jakie są na to dowody?
- Czy wszyscy się z tym zgadzają, czy też mają inne poglądy i jakie one są?
- Jak ten element łączy się z resztą mojej wiedzy? Czy jest w tym jakaś prawidłowość? Czy wi-

1. *Rozwój własny nauczyciela – Growth of a teacher*, red. S. D. Głazek Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, 2019. Tytuł publikacji jest dwujęzyczny, ponieważ zbiór jest zorganizowany w duchu *Orbis Pictus* Jana Amosa Komeńskiego z 1658. Każda lewa strona (parzysta) rozłożonej książki zawiera tekst w j. polskim, a prawa (nieparzysta) – ten sam tekst w j. angielskim, więc czytane razem mogą służyć do poznawania języka obcego w interesującym kontekście.

2. A. Białas, *Profesja: nauczyciel*, PAUza Akademicka 484, 4 (2019); [pauza.krakow.pl/484\\_4\\_2019.pdf](http://pauza.krakow.pl/484_4_2019.pdf).

dzę jakieś korelacje albo związki przyczynowo-skutkowe?

- Zakładając, że to czy tamto byłoby inne, co jeszcze by się zmieniło? Jak się tego dowiem?
- Kogo to obchodzi? Czy to ważne? Dlaczego?

Nauczyciel musi sam nabyć nawyku zadawania sobie takich pytań, żeby móc go kształcić u uczniów. Nabywa go w wyniku własnego rozwoju i odpowiedniej praktyki szkolnej, wspierającej ten rozwój. Właściwa praktyka prowadzi do zrozumienia powodów, roli i konsekwencji stawiania sobie takich pytań, odkrywania na nie odpowiedzi, a potem stosowania wynikających z nich wniosków w pracy z uczniami. Słowa profesora Białasa: *To wygląda naprawdę rozsądnie. Nawyk zadawania pytań to rzeczywiście istotna umiejętność, jaką trzeba osiągnąć, aby być świadomym obywatelem w demokratycznym państwie. Wszak gdybyśmy wszyscy posiadli ten nawyk, rzeczywistość polityczna wyglądałaby zupełnie inaczej, a „fejkniusy” czy „trolle” nie byłyby tak groźne.* Należałoby jeszcze dodać, że proces stawiania sobie takich pytań w połączeniu z szukaniem i znajdowaniem realistycznych odpowiedzi jest drogą tworzenia własnego obrazu świata. Podobny sposób rozumowania charakteryzuje fizyków.

W rozmowach na temat treści zawartych w esejach spotkałem się z różnym ich odbiorem. Skrajnym przykładem jest stwierdzenie, że lepiej *trzymać się od oświaty z daleka i przeżyć*. Na szczęście nie wszyscy fizycy tak myślą<sup>3</sup> i nie chodzi tu o jakąś źle pojętą działalność, uchodzącą za oświatową, ale o rolę szkoły w społeczeństwie. Krótko można powiedzieć nie tylko, że szkoła jest miejscem, w którym dzieci i młodzież poznają podstawy i zasady życia społecznego, ale także znacznie mocniej stwierdzić, że nie ma demokracji bez edukacji<sup>4</sup>, bo demokracja wymaga szkoły myślenia.

Pozwolę sobie przytoczyć z własnego doświadczenia przykład sugerujący, że rozumowanie stosowane w fizyce może być pomocne nauczycielom w kształtowaniu postaw. Prowadziłem kiedyś zajęcia dla nauczycieli szkół podstawowych na temat prądu elektrycznego, wykorzystując do tego celu podręcznik, który bazuje na samodzielnym wykonywaniu doświadczeń przez uczniów w klasie podzielonej na kilkusobowe zespoły i na dyskusji otrzymanych wyników z in-

struktoorem<sup>5</sup>. W pewnym momencie nauczycielka angielskiego wykrzyknęła *To wcale nie chodzi o fizykę!* Z rozmowy w zespole o przyczynie tego archimedesowego okrzyku wynikało, że nagle stało się jasne, iż nasz tok rozumowania na temat prądu elektrycznego miał uniwersalne cechy. Prowadząc podobne zajęcia spotkałem się ze stwierdzeniami nauczycieli różnych przedmiotów, że gdyby byli uczeni metodą McDermott *et al.* jeszcze jako uczniowie w szkole, to *pewnie poszliby na studia na fizykę*. Fizyka, jako zaawansowana nauka przyrodnicza, jest uważana przez wielu profesjonalistów za wzór do naśladowania w sprawie metodologii poznawania świata.

W sytuacjach społecznych mamy jednak do czynienia z bardzo skomplikowanymi sprawami, których nie potrafimy lub nie możemy rozstrzygnąć za pomocą doświadczenia i rozumowania tak, jak to się robi w fizyce. Jak wtedy odróżnić realistyczne uzasadnienie decyzji od opinii lub demagogii? Po czym poznać, że faktycznie nikt nie wie, co zrobić, a dokonując wyboru musimy zdać się na łut szczęścia? Czym się kierować, gdy w niepewności dochodzi do głosowania? Co robić, gdy mniejszość ma inne zdanie niż większość, a nie jest jasne, że większość ma rację? Gdzie leży granica między postępowaniem racjonalnym a nieracjonalnym? Czego w tej sprawie ma uczyć szkoła? Jak?

Zdaniem redaktora zbioru, eseje prowadzą do pewnej konkluzji. W celu jej wyjaśnienia najłatwiej jest posłużyć się modelem. Myślą przewodnią modelu jest wstępne określenie, co to znaczy uczyć się<sup>6</sup> i na czym polega wielkie znaczenie pracy nauczyciela. Literatura na ten temat jest ogromna, więc potrzebne jest daleko idące uproszczenie.

Przyjmijmy, że ludzki mózg rośnie podobnie do drzewa, które z czasem z malutkiego nasienia zamienia się w wielką strukturę. Ta analogia wprowadza ogromne uproszczenie<sup>7</sup>, ale wystarczy do naszych celów. Zamiast konarów, gałęzi i liści musimy myśleć o bardzo złożonej sieci komórek nerwowych w całym ciele, zwanych neuronami. „Gałązka”, wyrastająca z jednego neuronu, łączy się z innym neuronem za pomocą specjalnego styku, zwanego synapsą. Ten styk przekazuje impulsy elektryczne z jednego neuronu do drugiego. W ten sposób impulsy rozchodzą się po sieci neuronów. Myślenie i koordynacja w działaniu ludzkiego ciała polega na po-

3. M. Smoluchowski, *Znaczenie nauk ścisłych w wykształceniu ogólnym*, Muzeum: czasopismo wydawane przez Towarzystwo Nauczycieli Szkół Wyższych, tom XXXII, czerwiec 1917, str. 286; przemówienie podczas Zjazdu Członków, 27 maja 1917 r., Uniwersytet Jagielloński; [matwbn.icm.edu.pl/ksiazki/pms/pms3/pms319.pdf](http://matwbn.icm.edu.pl/ksiazki/pms/pms3/pms319.pdf)

4. W. Golding, *Lord of the Flies*, Penguin Books, 1954; przekład na j. polski: Władca much, Czytelnik, 1967.

5. L. C. McDermott, P. S. Shaffer, M. L. Rosenquist oraz Zespół Dydaktyki Fizyki Uniwersytetu Stanu Waszyngton, przekład na j. polski *W poszukiwaniu praw fizyki*, Prószyński i S-ka, 2000.

6. S. B. Sarason, *And what do YOU mean by learning?*, Heinemann 2004.

7. Na przykład Z. Molnar et al. *New insights into the development of the human cerebral cortex*, J. Anat. 235, 432 (2019).

wstawaniu i rozchodzeniu się tych impulsów. Według naszego modelu ludzki umysł uczy się, gdy wzmacniają się w nim już istniejące i powstają nowe synapsy. Tworzą się wtedy nowe obwody i obiegi impulsów, które wiążemy z pamięcią i myśleniem – chwilowe zapamiętywanie nie wiąże się z trwałymi zmianami w strukturze i działaniu mózgu.

Założmy dalej, że proces zmian w mózgu zachodzi zgodnie z zasadą Hebba<sup>8,9</sup>. W uproszczeniu, ta zasada mówi, że jeśli elektryczna aktywność neuronu A wywołuje elektryczną aktywność neuronu B, to synapsa, łącząca neuron A z neuronem B, wzmacnia się, rozrasta lub neuronowi A wyrasta dodatkowa synapsa do komunikacji z B. Tę zasadę można porównać do zjawiska, które jest znane nauczycielom na każdym poziomie systemu kształcenia. Kiedy nauczyciel mówi do słuchaczy, to widzi, że część z nich wyraźnie słucha, część zdaje się nie mieć pewności, że wiedzą o co chodzi, a niektórzy nawet nie starają się udawać, że uważają. Mówca łapie się na tym, że mówi głównie do tych pierwszych. Podobnie neuron rośnie w kierunku tych neuronów, które na niego reagują. W życiu codziennym znamy podobne zjawisko – rozwijamy stosunki z tymi, którzy reagują zgodnie z naszymi oczekiwaniami.

W modelu potrzebny jest nam jeszcze jeden element: źródło informacji niezbędnej do budowy sieci neuronowej. W każdym neuronie znajduje się kopia naszego kodu genetycznego. Białko do utworzenia nowej synapsy jest tworzone według wzoru tej kopii. Lecz dostępne elementy wzoru do skopiowania są bardzo ciasno spakowane, zwinięte. Muszą powstać odpowiednie warunki w komórce, żeby te elementy rozkręciły się, rozwinęły i udostępniły swoją treść do skopiowania. Gdy powstaje nowe białko, mówimy, że dochodzi do wyrażenia odpowiednich fragmentów kodu, nazywanych genami. Gdy kod jest zwinięty, nowe białko nie może powstać i geny nie wyrażają się. Tak właśnie jest, gdy neurony nie wykazują aktywności. Synapsy nie rosną. Natomiast wtedy, gdy neuron jest aktywny elektrycznie i jego aktywność wiąże się z aktywnością innego neuronu, z którym może się lepiej połączyć, to w wyniku tej dodatnio sprzężonej aktywności powstają takie warunki chemiczne, w których kod do skopiowania z konieczności rozkręca się, zachodzi kopiowanie i w konsekwencji wzrost białka do budowy synapsy. W skrócie, gdy neurony wielokrotnie intensywnie współdziałają, to łączą się na stałe. Potem współdziałają już płynnie i od razu.

Na osiągnięciu tej szybkości i płynności działania polega nauka. Proces uczenia się jest więc podobny do wzrostu mięśni sportowca, który musi się dobrze odżywiać i systematycznie ćwiczyć, żeby rosły tkanka, siła i sprawność jego mięśni.

Napęd procesu rozwoju mózgu lub mięśni jest tożsamy w naszym modelu z napędem życia zlokalizowanym w kodzie genetycznym. Nie rozumiemy tego napędu w pełni, ale wiemy, że istnieje. Jest silny za młodu. Potem świetnie działa w sile wieku, gdy dorosły organizm jest zdolny do tworzenia nowego życia. Lecz mechanizmy kopiowania stopniowo zużywają się i psują, aż w końcu zamierają.

Mając ten model do dyspozycji możemy powiedzieć, że z punktu widzenia uczniów praca nauczyciela polega na tworzeniu warunków, w których w mózgach uczniów rozwija się aktywność neuronów do tego stopnia, że powstają w nich nowe stabilne obwody. Od pracy nauczyciela zależy, jakie będą te obwody.

Zauważmy, że aby uczniowie odpowiednio silnie zaangażowali się w naukę, muszą chcieć się uczyć, bo nie daje się wykonać pracy niezbędnej do budowy nowego białka bez silnej woli własnej. Świadczy o tym np. fakt, że specjaliści potrzebują około dziesięciu tysięcy godzin praktyki w swojej dziedzinie, żeby stać się w niej mistrzami<sup>10,11</sup>. Zawód nauczyciela nie jest w tej kwestii wyjątkiem. Nauczyciel musi poznawać tajniki tworzenia warunków, w których uczniowie chcą się uczyć, jeśli według naszego modelu ma być dobrym nauczycielem z punktu widzenia uczniów.

Z nauczycielem dzieje się tak samo jak z uczniami: musi chcieć pracować nad własnym rozwojem, żeby był w stanie rzeczywiście pomagać uczniom, zwłaszcza tym, których warunki rodzinne nie stymulują intensywnego rozwoju. Podobnie przebiega nauka w mózgach fizyków. Potrafią rozumować w sposób zależny od treningu.

Nasz model pozwala teraz określić wyjątkowość roli nauczycieli w społeczeństwie<sup>12</sup>. Ta wyjątkowość bierze się z wywierania przez nich ustawicznego wpływu na działanie neuronów w szybko rosnących mózgach uczniów. Od postępowania nauczycieli zależą struktura i funkcja połączeń, które wyrosną w mózgach uczniów. Od tego jakie te połączenia wyrosną zależy, jak będą dalej działały u dorosłych, a tym samym jakie będą losy społeczeństwa, które ci dorośli będą potrafili stworzyć.

8. D. O. Hebb, *The organization of behavior: A neuropsychological theory*, John Wiley & Sons, 1949.

9. Na przykład: I. Antonov et al., *Activity-Dependent Presynaptic Facilitation and Hebbian LTP Are Both Required and Interact during Classical Conditioning in Aplysia*, *Neuron* 37, 135 (2003).

10. K.A. Ericsson, *Acad. Med.* 79, S70 (2004).

11. M. Gladwell, *Outliers: The Story of Success*, Little, Brown and Co., 2008; rozdz. 2.

12. J. Dewey, *Democracy and education: an introduction to the philosophy of education*, Macmillan (New York, 1916); [www.gutenberg.org/files/852/852-h/852-h.htm](http://www.gutenberg.org/files/852/852-h/852-h.htm)

W systemie totalitarnym, warunki pracy zmuszają nauczycieli, żeby w mózgach uczniów tworzyli przede wszystkim struktury strachu i lojalności wobec przywódców. Neurony uczniów będą połączone synapsami powstałymi w wyniku odpowiedniego musztrowania. Jako dorośli już niewiele zmienią w swoim sposobie myślenia, bo obwody, które im wyrosły za młodu, musiałyby być zastąpione nowymi.

W systemie kapitalistycznym<sup>13</sup> nauczyciel postrzegany jako pracownik na taśmie produkcyjnej, zatrudniony do przerobienia z uczniami konkretnego podręcznika w przeznaczonym na to czasie i miejscu, nie będzie mógł brać serio pod uwagę zainteresowań wszystkich uczniów i różnic między nimi. Jednak nasz model mówi, że jeśli uczniowie nie są zainteresowani tematem i nie chcą się nim zajmować, to nie podejmują wysiłku potrzebnego do wzrostu synaps w zaplanowanym kierunku.

Po zdaniu obowiązkowego egzaminu szybko zapomną o czym była mowa, bo nie będą mieli odpowiednich obwodów myśli. Tym samym czas ich młodego życia potrzebny na rozwój synaps zostanie przepaszczone. Używając naszej analogii mózg–drzewo, można powiedzieć, że tak szkolone umysły będą rosły jak drzewka *bonsai*, a będzie im się zdawało, że rosną najlepiej jak można. Przykładem współczesnego ograniczenia koncepcyjnego tego typu jest nabywane w szkole przekonanie, że podtrzymywanie systemu edukacji w obecnym stanie, w którym mechanizm uczenia się przez ludzki mózg jest sztucznie ograniczony, nie jest przestępstwem.

Powyższe dwa przykłady systemowe nie wyczerpują wszystkich możliwości. Historycznie ukształtowana sytuacja współczesnej szkoły jest bardzo złożona<sup>14</sup>. Liczba ludzi na Ziemi w końcu osiągnie maksimum w dostępnych warunkach. Jeśli wierzyć przestrogom<sup>15</sup>, warunki klimatyczne mogą nas zaskoczyć siłą raptownych zmian. Ucieczka na Księżyc i Marsa nie odpowie nam na pytanie jak kształcić ludzi. Propaganda uprawiana w sprawach edukacji w skali tysiącleci, wieków czy od wyborów do wyborów, nie zmieni naszej woli życia, która jest zapisana w naszych genach w wyniku bardzo wielu milionów lat ewolucji<sup>16,17</sup>. Współcześnie zaczynamy coraz

szerszej sami odpowiadać sobie na pytanie komu i po co służymy swoją pracą, na czym polega zadanie, któremu poświęcamy większość dnia. W przypadku nauczycieli w szkołach, wymuszane sytuacją kompromisy dotyczą treści i sposobów nauczania, środków do dyspozycji, warunków zatrudnienia i roli do spełnienia<sup>18</sup>.

Z treści książki *Rozwój własny nauczyciela* czytelnik może wysnuć wniosek, że nadchodzi czas myślenia nauczycieli o swojej pracy podobnie jak to robią fizycy. W tym celu nauczyciele musieliby jednak podjąć systematyczne badania, jak ich uczniowie faktycznie się uczą i jak im w tym systemowo skutecznie pomagać. Fizycy będą w tym dziele przydatni tylko o tyle, o ile znajdą drogę do nawiązania współpracy z nauczycielami na podobnie głębokim poziomie. Nauczyciele wszystkich przedmiotów, a szczególnie fizyki, mogą mobilizować do pomocy takich fizyków, z którymi współpraca okazuje się owocna z punktu widzenia nauczyciela. Trzeba jednak pamiętać, że oświata jest trudniejsza niż fizyka<sup>19,20</sup>. Przykłady ograniczone do fizyki same z siebie nie wystarczają<sup>21</sup>. W szkole przyszłości nauczyciel będzie poznawać człowieka i uczyć się, jak mu pomagać we wszechstronnym rozwoju<sup>22</sup>. Dlatego fizykom potrzebne jest głębokie zrozumienie sytuacji nauczyciela z powołania, który oprócz trudności merytorycznych i dydaktycznych musi pokonywać trudności psychiczne, w jakich często stawia go system nastawiony obecnie na testowanie i zaspakajanie oczekiwań organów prowadzących i nadzorujących, nie zawsze w pełni świadomych złożoności procesu kształcenia.

Wyniki nauczania zależą od tak wielu czynników, że trudno dzisiaj upierać się przy jakiejś uniwersalnej recepcie. Znamy wiele przykładów programów edukacyjnych, które odniosły zauważalny sukces. Można je naśladować, rozwijać i ulepszać. Wszystkie złożyły się na dzisiejszą postać doktryn edukacyjnych. Współczesna forma obligatoryjnej szkoły, która dominuje wśród systemów edukacji na świecie, liczy sobie co najmniej trzysta sześćdziesiąt dwa lata, mierząc czas jej życia od roku publikacji w Amsterdamie dzieła Jana Amosa Ko-

13. P. Drucker, *Post-Capitalist Society*, Harper Business, 1993.

14. K.G. Wilson, *Additional Sources for Physics Research Funding in the Future?* Konwersatorium Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 18 listopada 2010; [www.fuw.edu.pl/~lfqcd/KGWilson-UWColloquium](http://www.fuw.edu.pl/~lfqcd/KGWilson-UWColloquium)

15. A.E. Kardaś, M. Popkiewicz, S. Malinowski, *Nauka o klimacie*, Sonia Draga, 2019.

16. C. Darwin, *The Origin of Species* oraz *The Descent of Man*, Encyclopedia Britannica, Inc. Great Books, Vol. 49 (1993).

17. R. Dawkins, *The selfish gene*, Oxford University Press, 1976).

18. T.R. Sizer, *Horace's compromise: The dilemma of the American High School*, HoughtonMifflin Co., 2004 s. 232 "Get teaching conditions right, and Americans will discover thousands of Curtises [great teachers] it never knew it had."; s. 235 „We must empower and enhance the abler folk within it [teaching force]”.

19. K.G. Wilson, prywatna rozmowa, OSU 1995.

20. S.D. Głazek, S.B. Sarason, *Productive Learning: Science, Art and Einstein's Relativity in Educational Reform*, Corwin Press, 2006.

21. Na przykład: *Physical Review Physics Education Research*, [journals.aps.org/prper/about](http://journals.aps.org/prper/about), jest koncepcyjnie zbyt ograniczone, a to ograniczenie wymaga wyjaśnienia.

22. S.D. Głazek, *Edukacja XXI*, PAUza Akademicka 108, 1 (2011); [pauza.krakow.pl/108\\_12\\_2011.pdf](http://pauza.krakow.pl/108_12_2011.pdf)



meńskiego *Didactica Magna*<sup>23</sup>. W tym dziele jest podany plan systemu szkolnego, takiego jak nasz. Rola nauczyciela jest w swej istocie sprowadzona do roli lektora podręcznika i weryfikatora jego treści odtwarzanej z pamięci przez uczniów. Tymczasem nasz prosty model ilustruje, że nie tędy droga. A zatem którą?

Poszukiwanie odpowiedzi, naśladując fizyków, zaczęłoby się od pytania jakie mamy dane, które chcemy zrozumieć, jakie jeszcze dane chcemy zebrać, itd. Nie możemy zaglądać pod czaszki i liczyć synaps. Mózg ludzki jest tak skomplikowany w strukturze i działaniu, że obecnie nie mamy możliwości rozkładania go na ułamki proste. Z etycznego punktu widzenia musimy liczyć się z jego własnym zdaniem.

Jedynymi ludźmi, którzy mają bezpośredni dostęp do kluczowych danych, są nauczyciele i uczniowie. Jeszcze ważniejszy jest fakt, że nikt oprócz nauczycieli nie spędza znacznej części każdego dnia szkoły na obcowaniu z uczniami. Wszyscy inni znawcy tematu obserwują szkołę z zewnątrz. Nauczyciele są też faktycznymi twórcami procesu szkolnego. Są jedynymi ludźmi, którzy wiedzą, co się w tym procesie dzieje zgodnie z ich własną intencją, planem i jego wykonaniem, a co nie. Nikt oprócz nauczyciela nie wie, co on sam myśli i co robi, szczególnie wtedy, gdy jest sam z uczniami. Nikt nie poznaje uczniów tak, jak nauczyciel, który sprawdza ich prace domowe i klasówki, albo pracuje razem z nimi, żeby zarobili na wycieczkę do Centrum Nauki Kopernik w Warszawie, gdy rodziców nie stać na pokrycie kosztów takiej wyprawy z odległej wioski do stolicy.

Ten stan rzeczy prowadzi do konkluzji, że tylko nauczyciele mają dostęp do danych, z których może wynikać jak uczyć. Odkrycia czekają, jak w przypadku Fleminga czy Becquerela. Trzeba tylko pozwolić nauczycielom badać, porównywać, rozmawiać z uczniami, śledzić ich losy, stawiać hipotezy, sprawdzać je, dyskutować, publikować, recenzować, wykluczać błędne poglądy i budować teorie.

Czy nauczyciele chcą to wszystko robić? Z badań socjologicznych wynika<sup>24</sup>, że większość nauczycieli pracujących w szkołach chciałaby prowadzić jakieś badania, ale sami z siebie w ogromnej większości nie wiedzą, jak się za to zabrać i co by im to dało, a przecież pracy mają i tak ogromnie dużo. Co więcej, nauczyciele z powołania są zajęci nauczaniem. Nie chcą prowadzić badań *nie wiadomo po co*, kosztem owocnej pracy z uczniami. To wła-

śnie ta praca ich wciąga, daje im poczucie sensu w życiu, daje im satysfakcję, płynącą ze spojrzenia lub uśmiechu dziecka, które zrozumiało, o co chodzi, poczuło wdzięczność i dało jej wyraz. Wtedy czują się jak fizyk, który przeżywa moment Aha!

Żeby rozpoczął się proces faktycznego badania, jak uczyć w szkole, ktoś musi pomóc nauczycielom zrozumieć, że ich praca z uczniami wymaga ustawicznych badań i tylko oni mają dostęp do kluczowych danych. To od nich zależy, w jakim stopniu te dane będą poznane i rozumiane. Do odkryć, jak uczyć dojdzie w wyniku dokumentowania przez nauczycieli wyników własnych działań, sprawdzania zauważalnych prawidłowości przez innych nauczycieli na zasadzie odtwarzalności wyników, tworzenia przez nauczycieli własnych miar postępów w pracy z uczniami i eliminowania fałszywych tropów<sup>25</sup>. W tym celu potrzebna jest odpowiednia organizacja<sup>26</sup>. Współpraca nauczycieli szkolnych z fizykami, gdy ci drudzy już tworzą organizację badawczą o światowym zasięgu<sup>27</sup>, może obie strony zbliżyć do celów, którym służą.

Profesor Białas napisał w PAUzie<sup>28</sup>, że obywatelom trzeba tłumaczyć, że *demokracja się opłaca*. Kto oprócz nauczycieli mógłby to robić? Nauczyciele musieliby sami zorganizować się w tej sprawie. Fizycy mogą jedynie próbować dzielić się z nauczycielami swoim rozumieniem na czym polega historycznie uwarunkowana organizacja ich pracy badawczej.

Mówiąc najkrócej, fizyka jest już w znacznym stopniu demokratyczna. Jeśli owocne tłumaczenie opłacalności demokracji obywatelom przez nauczycieli wymaga sprawnych kombinacji neuronów i synaps wyrosłych za młodu, to fizycy mogą wnieść znaczący wkład w sprawę, dzieląc się z nauczycielami swoją naturalną ciekawością świata i zasadami organizacji pracy badawczej. Odpowiednia organizacja uwolniłaby nauczycieli koncepcyjnie od respektowania autorytarnych poglądów w sprawach kształcenia i dała im niezłomne poparcie rodziców w dbaniu o interes uczniów.

25. S.D. Głazek, *Edukacja XXI wieku – Zawód nauczyciela w świecie wartości, wiedzy i umiejętności*, Rocznik Leszczyński 16, 151 (2016); [www.archiwum.leszno.pl/new/container/rocznik-leszczynski-16-2016.pdf](http://www.archiwum.leszno.pl/new/container/rocznik-leszczynski-16-2016.pdf)

26. Szczególną rolę twórczą w powstawaniu takiej organizacji mogą odegrać organizacje nauczycielskie, które już istnieją, związki zawodowe i inne, np. Związek Nauczycielstwa Polskiego, Społeczne Towarzystwo Oświatowe czy Krajowe Forum Oświaty Niezależnej.

27. Wydziały i instytuty fizyki w polskich instytucjach akademickich i badawczych oraz Polskie Towarzystwo Fizyczne są przykładami członków tej światowej organizacji.

28. A. Białas, *Choć naszą przyszłość cofnęli wstecz...*, PAUza Akademicka 483, 4 (2019); [pauza.krakow.pl/483\\_4\\_2019.pdf](http://pauza.krakow.pl/483_4_2019.pdf)

23. *Wielka Dydaktyka Jana Amosa Komeńskiego*, tł. H. Wernic, Przegłąd Pedagogiczny, 1883; [pbc.up.krakow.pl/dlibra/docmetadata?id=689&from=publication](http://pbc.up.krakow.pl/dlibra/docmetadata?id=689&from=publication)

24. D.C. Lortie, *Schoolteacher: A Sociological Study, with a new preface*, University of Chicago Press, 2002.