

O umiejętnościach, wiedzy i kompetencjach w nauczaniu fizyki

Grzegorz Karwasz

Obowiązująca podstawa programowa, inne dokumenty MEN, teksty metodyczne, a teraz i ramy kształcenia, transplantomane z wytycznych unijnych, operują trzema kategoriami przekazu dydaktycznego. Są to:

- 1) wiedza;
- 2) umiejętności;
- 3) kompetencje społeczne.

Wydaje się jednak, że zarówno zdolności tłumaczy, jak i autorów oryginalnych wytycznych nie do końca podołały zadaniu modernizacji dydaktyki według wymagań XXI wieku. Wymagania te wynikają z nowych środków przekazu informacji: wiedza jest powszechnie dostępna, umiejętnością staje się selekcja tej wiedzy, a kompetencje społeczne coraz bardziej zanikają w świecie portali społecznościowych. Jak w programach fizyki uwzględnić te wymagania, szczególnie w dobie okrojonych programów nauczania?

Podstawa programowa

Reforma programowa, krytykowana przez nas bardzo bezwzględnie już w 1997 roku [1], zaczyna przynosić swoje druzgocące żniwo. Wprowadzenie gimnazjów, na wzór włoskich z ich fatalnej reformy ministra Gentilinięgo z 1929 roku, doprowadziło do rozprzęgnięcia funkcji **pedagogicznych**. Trzyletnie liceum, na wzór francuskiego (ale bez ich *école préparatoire* [2]), nie dostarcza niezbędnej wiedzy humanistycznej [3], a „bałkanizacja systemu kształcenia nauczycieli” [4] dopełnia całości nieszczęścia.

Za zaletę nowej podstawy programowej należy bezwzględnie uznać samą koncepcję podstawy. Polska jest jedynym znanym mi krajem, w którym programy nauczania są własnością intelektualną firm wydawniczych. Nowa podstawa tę kwestię reguluje, nie ingerując w zarejestrowane już programy, a wyznaczając minima kształcenia. Niestety, ryzyko wprowadzania minimów polega na tym, że staną się one jednocześnie maksimum – **sumą** wiedzy proponowanej uczniowi.

Profesor J. Mostowski w swoim komentarzu do podstawy ujmuje to tak: „Różnie można określać zmiany w podstawie programowej. Nazwanie reformy postępującą infantyilizacją szkoły ma mocno pejoratywny wydźwięk i odzwierciedla raczej rozczarowanie niektórych środowisk do upowszechnienia wykształcenia średniego. Trzeba jednak zgodzić się z zasadniczą tezą, że nowa podstawa programowa znacznie obniża wymagania stawiane uczniom” [5].

Wadą (a może nieszczęściem koniecznym) nowej podstawy jest kontynuacja treści na kolejnych, wyższych szczeblach kształcenia. W ten sposób niewydolność organizacyjna (za krótki cykl nauczania) i pedagogiczna (młodzież „przerośnięta”) gimnazjów została przerzucona na zmiany programowe. Zmiany te, mimo protestów (słabych i nielicznych) środowiska fizyków, doprowadziły do usunięcia **podstaw** fizyki z liceum, zastępując je fizyką współczesną. To z kolei rodzi dwa kolejne niebezpieczeństwa – przeciętny absolwent liceum lub nawet studiów (ekonomicznych, prawniczych, humanistycznych) całą swoją wiedzę o mechanice i elektromagnetyzmie wyniesie z kursu gimnazjalnego. Oznacza to, że kurs gimnazjalny powinien zostać rozszerzony o dodatkowe **umiejętności i kompetencje**, a nie ograniczony.

Niestety, większość wydawnictw opatrzyła podręczniki nadrukiem *zgodne z nową podstawą*, nie zmieniając uprzednich form przekazu. Eksperymentalny *Poręcznik do fizyki* UMK [6] jest próbą zmiany sposobu narracji przy zachowaniu niezbędnych treści (jak choćby ruchu po okręgu i pojęcia wektorów). Niestety, nie ma on na tyle wypracowanej formy graficznej i niezbędnej obudowy zewnętrznej (zbiory zadań, poradniki metodyczne itd.), aby próbować zastąpić **podręczniki**.

W temacie fizyki współczesnej jest niestety jeszcze gorzej. Pobieźny ogląd podręcznika dla liceum jednego z większych wydawców już obecnie pozwala przewidzieć, że fizyka nie będzie się cieszyła poważaniem wśród licealistów. Podręcznik ów to zbiór internetowych tabelki i luźnych faktów, bez śladu narracji dydaktycznej.

W warunkach szybkich i radykalnych zmian niezbędne jest więc sprecyzowanie, co powinno stanowić

treść trzech wymienionych kategorii przekazu dydaktyczno-pedagogicznego¹.

Wiedza, umiejętności, kompetencje

Liczne sformułowania zawarte w podstawie wskazują na trudności w rozgraniczeniu **wiedzy, umiejętności**, nie wspominając o **kompetencjach**. Przeanalizujmy jakkolwiek wybrany akapit, np. o grawitacji. Porównamy dwa ujęcia tego samego zagadnienia, kolejno w wersji podstawowej i rozszerzonej.

1. Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń:
- 1) opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciem okresu i częstotliwości;
 - 2) opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem oraz wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej;
 - 3) interpretuje zależności między wielkościami w prawie powszechnego ciężenia dla mas punktowych lub rozłącznych kul;
 - 4) wyjaśnia, na czym polega stan nieważkości, i podaje warunki jego występowania;
 - 5) wyjaśnia wpływ siły grawitacji Słońca na ruch planet i siły grawitacji planet na ruch ich księżyców, wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał na powierzchnię Ziemi;
 - 6) posługuje się pojęciem pierwszej prędkości kosmicznej i satelity geostacjonarnej; opisuje ruch sztucznych satelitów wokół Ziemi (jakościowo), wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową, wyznacza zależność okresu ruchu od promienia orbity (stosuje III prawo Keplera).

4. Grawitacja. Uczeń:
- 1) wykorzystuje prawo powszechnego ciężenia do obliczenia siły oddziaływań grawitacyjnych między masami punktowymi i sferycznie symetrycznymi;
 - 2) rysuje linie pola grawitacyjnego, rozróżnia pole jednorodne od pola centralnego;
 - 3) oblicza wartość i kierunek pola grawitacyjnego na zewnątrz ciała sferycznie symetrycznego;
 - 4) wyprowadza związek między przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem;
 - 5) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i wiąże je z pracą lub zmianą energii kinetycznej;
 - 6) wyjaśnia pojęcie pierwszej i drugiej prędkości kosmicznej; oblicza ich wartości dla różnych ciał niebieskich;
 - 7) oblicza okres ruchu satelitów (bez napędu) wokół Ziemi;
 - 8) oblicza okresy obiegu planet i ich średnie odległości od gwiazdy, wykorzystując III prawo Keplera dla orbit kołowych;
 - 9) oblicza masę ciała niebieskiego na podstawie obserwacji ruchu jego satelity.

W obu wersjach sformułowane zadania sugerują, że chodzi wyłącznie o **umiejętności**. Jaka jest waga podanych umiejętności? Czy mają one, według terminologii UE, charakter **interdyscyplinarny** i **intersektorowy**? Innymi słowy, czy znajomość prawa grawitacji przyda się np. w elektrostatyce? A może w geografii? (To byłaby interdyscyplinarność). Czy znajomość prawa grawitacji pomoże technikowi instalującemu antenę satelitarną? A może projektantowi odbiorników GPS? (To intersektorowość).

Wydaje się, że wiele z tych umiejętności to jedynie słowny opis tego, co fizycy nauczyli się zawierać w krótkim **wzorze matematycznym**. W wersji podstawowej podpunkt 2 zdaje się mówić $F = mv^2/r$; w wersji rozszerzonej w podpunkcie 1 chodzi o **znajomość** (czyli znów wiedzę) prawa grawitacji Newtona $F = GMm/r^2$, podobnie jak w podpunkcie 3 wersji podstawowej: „uczeń interpretuje wielkości...”.

Rozważmy inne, potencjalne umiejętności zawarte w podstawie. Na ile są one umiejętnościami? W jaki sposób łączą wiedzę w spójną całość? Które z nich są niezbędne, a które stanowią jedynie „kosmetyczne” dodatki?

Podpunkt 2 wersji rozszerzonej: czy rysowanie linii sił pola grawitacyjnego jest umiejętnością istotnie ważną? Czy autorzy zadania potrafią je narysować np. dla dwóch blisko siebie położonych gwiazd? Czy znamy sposoby ich wizualizacji, jak np. linii sił pola magnetycznego?

Podpunkt 3: czy dla ciała sferycznie symetrycznego prawo grawitacji na zewnątrz jest inne niż dla masy punktowej? Czy potrafimy choćby jakościowo pokazać, za Newtonem, że ciało sferycznie symetryczne jest równoważne masie punktowej? A może lepiej poczekać z tą umiejętnością do kursu uniwersyteckiego elektrostatyki i prawa Gaussa?

Podpunkt 8: w jakim sensie uczeń **oblicza**, korzystając z III prawa Keplera? Czyżby znów chodziło o **znajomość** (= wiedzę) III prawa Keplera? A może cenniejsza byłaby **umiejętność** wyprowadzenia III prawa Keplera z prawa grawitacji? Może warto dodać **kompetencję społeczną** rozumienia historii nauki według dawnego banknotu 1000-złotowego i oryginału? „III. Martis bima revolutio. III. Iovis. XII. annorum revolutio. II. Saturnus anno. XXX revolutur”².

Wydaje się więc, że w temacie grawitacji:

- **wiedzą** jest znajomość:
 - wzoru Newtona na siłę grawitacji,
 - wzoru na energię potencjalną w polu grawitacyjnym;
- **umiejętnością** wynikającą ze wzoru na siłę grawitacji jest wyprowadzenie:

¹ Używając określenia *przekaz dydaktyczno-pedagogiczny*, odwołujemy się do koncepcji *pedagogical-content knowledge* sformułowanej pod koniec XX wieku w USA [7].

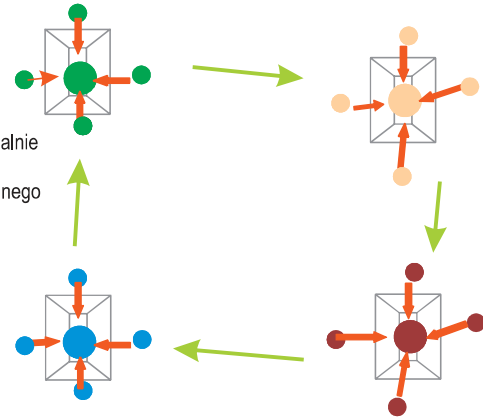
² Mówimy oczywiście o powszechnie znanym rysunku Układu Słonecznego z dzieła Kopernika. Zob. np. <http://www.hps.cam.ac.uk/starry/copernicus.html>.



Rys. 1. Kompetencje społeczne w nauczaniu fizyki; a) Umiejętność bezpiecznego posługiwania się miernikiem uniwersalnym przyda się w całym dorosłym życiu. W grupie mieszanej wydaje się, że to dziewczęta zajmują się organizacją pracy. Warsztaty fizyczne dla dzieci, Głogów, autor: G.K.; b) Przykłady różnych form organizacji pracy w klasie omawiamy w materiałach projektu UE MOSEM [9]

Zamieniające się narożniki (1)

1 grupa = maksymalnie 4 uczniów.
Przechodzą od jednego doświadczenia do następnego.



- III prawa Keplera,
- przyspieszenia grawitacyjnego na powierzchni Ziemi,
- okresu obiegu satelity dla zadanej odległości od planety o danej masie,
- masy planety (np. Jowisza) na podstawie znajomości okresu obiegu jego księżyców i odległości tych księżyców od środka planety (warto pokazać te księżyce przez lornetkę),
- I prędkości kosmicznej (oczywiście należy uczniowi wyjaśnić, że prędkość ta nie ma praktycznego sensu; miała ona sens w rozważaniach Verne'a i Ciołkowskiego. Dziś należałoby mówić o **pracy** wykonanej w celu wyniesienia rakiety na orbitę okołozemską);
- **umiejętnością** dodatkową wynikającą ze wzoru na energię potencjalną jest wyprowadzenie drugiej (i trzeciej) prędkości kosmicznej.

Istotne jest, aby treści znanych ze starych programów nauczania nie klasyfikować na nowo jako **umiejętności**. Umiejętnością jest bez wątpienia rozgraniczenie, kiedy korzystamy ze wzoru na siłę, a kiedy na energię w polu grawitacyjnym. Nie jest umiejętnością nazwanie symboli we wzorze. W ramach umiejętności nie przekraczałoby możliwości licealisty wyjaśnienie, że siła grawitacji działa prostopadle do linii ekwipotencjalnych, tym bardziej że bez pojęcia powierzchni ekwipotencjalnej nie jesteśmy w stanie wyjaśnić kształtu Ziemi [8].

Nadal w tak redefiniowanej podstawie programowej brakuje **kompetencji**. Trudno oczywiście o kompetencje społeczne w zakresie prawa grawitacji, ale warto byłoby dać uczniowi **punkt** odniesienia np. do zastosowań praktycznych. Mogłaby być taką **kompetencją** znajomość wysokości orbit satelitów geostacjonarnych (jak to mówi podpunkt 6, ale tylko wersji podstawowej), satelitów GPS, satelitów do pomiaru

poła grawitacyjnego itd. Kompetencją społeczną byłaby również umiejętność czytania górskiej mapy – wyznaczenia z układu poziomicy na mapie (tj. linii ekwipotencjalnych potencjału grawitacji), które podejście jest najbardziej łagodne. Kompetencją jest umiejętność połączenia historii nauki, fizyki, geografii.

Ogólne kompetencje, które powinno przynosić nauczanie fizyki, to przekaz, że – podobnie jak inne nowożytnie nauki – fizyka jest:

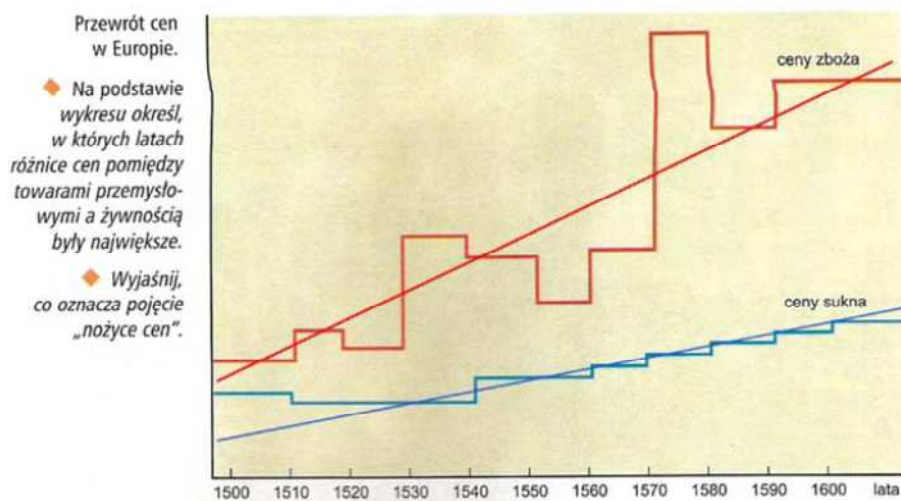
- 1) nauką **doświadczalną**, w której opis doświadczenia pozwala na jego powtórzenie w dowolnym miejscu i czasie;
- 2) nauką **matematyczną**, w której wynik doświadczenia jest opisywany przez zależności **ilościowe**;
- 3) nauką **kantowską**, w której doświadczenie udziela odpowiedzi na sformułowaną wcześniej **kategorię pojęciową** [10].

Nie tylko fizyka

W wielu podręcznikach widać starania autorów o podjęcie kompetencji interdyscyplinarnych i rozbudowę treści poza niezbędne minima, ale nie zawsze są to próby udane. Aby nie wpędzać fizyków w kompleksy, zacniemy od historii i biologii. W podręczniku do nauki historii w liceum (zakres podstawowy) dużego wydawnictwa znaleźliśmy elementy ekonomii (rys. 2). Omawiane są zmiany cen w XVII wieku, po odkryciu Ameryki. Ekonomiści wiedzą, że okres ten jest dobrym przykładem teorii podaży pieniądza: duża ilość kruszcza napływająca do Europy z Ameryki spowodowała jego deprecjację, innymi słowy – wzrost cen **nominalnych**. Wykres na rys. 2 mówi natomiast o „nozycach cen”, czego proste wyrysowanie linii regresji nie potwierdza!

Podręcznik do nauki biologii, również ogólnie bardzo dobry, przy omawianiu zmienności genetycznych wkracza niechętnie w zagadnienia statystyki, a właściwie

Światowa ekspansja i różnicowanie się cywilizacji europejskiej



Rys. 2. Wątpliwej jakości „umiejętności interdyscyplinarne” w licealnym podręczniku do nauki historii. Nie tylko fizyk uważa słabość prezentowanych danych. Wahań cen zboża zależą od urodzaju; wzrost cen można przybliżyć za pomocą funkcji liniowej; na początku i na końcu omawianego okresu ceny zboża (w przyjętych dla porównania jednostkach) były nieco ponad dwukrotnie wyższe niż ceny sukna. „Nożyce cen” są więc po prostu liniami regresji, a wzrost cen mierzony ilością złota odzwierciedla deprecjację złota związaną ze znacznym napływem tego kruszcu z hiszpańskiej Ameryki

dokładności zaokrągleń (rys. 3). Trudno z przedstawionego wyliczenia ilości kwiatów czerwonych i białych zrozumieć, że chodzi o względne populacje 1/4 i 3/4. Z tego też powodu w *Toruńskim poręczniku* przed zagadnieniami fizycznymi przytaczamy metody zaokrąglania liczb do określonych **zastosowań** i reguły obliczeń przybliżonych zarówno w ekonomii, jak i w farmacji.

Konstruowanie ścieżek

W podręcznikach fizyki, zresztą często krytycznie recenzowanych np. przez Polskie Towarzystwo Fizyczne, za główne mankamenty należy uznać nie błędy merytoryczne, ale brak strategii edukacyjnych. Trudno polskie podręczniki zakwalifikować do jasnych klas: podręczniki wiedzy praktycznej (jak np. podręcz-

niki niemieckie lub francuskie), podręczniki wiedzy budowanej na podstawie zjawisk (np. *Fizyka wokół nas* P. Hewitta), podręczniki narracyjne (jak Feynmana), podręczniki formalne (jak np. podręczniki włoskie). Polskie podręczniki fizyki należałoby ocenić, niestety, krytycznie jako dość eklektyczne uproszczenia pozycji obecnych na polskim rynku w latach wcześniejszych, nasycone przy tym dużą ilością luźnej dodatkowej wiedzy (choć nie tak ogromną jak np. podręczniki geografii lub wiedzy o społeczeństwie).

Na rysunku 4 cytujemy z podręcznika dla liceum (już chyba nieużywanego) wyjaśnienie siły oddziaływania magnetycznego dwóch przewodników z prądem. Wyjaśnienie to, przypisywane

A. Einsteinowi³, wydaje się nie mieć specjalnego znaczenia **dydaktycznego** dla zrozumienia magnetyzmu. Uczeń instynktownie po kursie elektrostatyki oczekiwałby informacji na temat oddziaływania magnesów. Podręcznik niemiecki takie oddziaływanie ilustruje, włoski podręcznik uniwersytecki – nawet je matematycznie wylicza (rys. 4).

Przejście od zjawiska do jego opisu matematycznego winno odbywać się stopniowo, tak aby uczeń nadażał za narracją, zdobywając nie tylko kolejne wiadomości, ale i umiejętność rozumowania indukcyjnego. W ramach zestawów dydaktycznych [13] wypracowanych na UMK w projekcie Leonardo da Vinci MOSEM kilka kolejnych doświadczeń dotyczy siły oddziaływania między magnesami. Czynimy to, dydaktycznie, w kolejności rosnącej trudności. Zaczynamy ścieżkę od magnesów wiszących jeden na drugim i ilustrujących III prawo dynamiki Newtona; taka kolumienka magnesów pozwala jedynie na jakości-



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

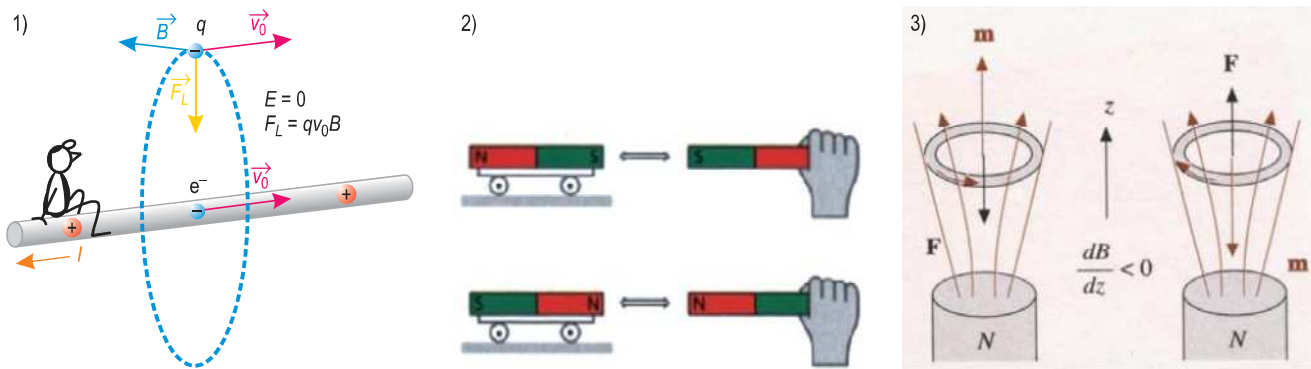
ko skutek mieszania się dwóch różnych płynów pochodzących od obojga rodziców. Potomstwo miało być mieszaniną płynnej substancji dziedzicznej rodziców, ale wówczas nie mogłoby w pokoleniu F₂ odtwarzać fenotypów form wyjściowych. Nasuwa się zatem pytanie, skąd się wzięły

rośliny o białych kwiatach w pokoleniu F₂ (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 F₂. 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 F₂ 1064 rośliny, z czego 787 miało pędy wysokie (73,97%), a 277 niskie (26,03%). W wypadku krzyżówki roślin różniących się cechą barwy

Rys. 3. Fragment bardzo dobrego podręcznika do nauki biologii na poziomie licealnym: dziedziczenie cech z krzyżówki dwuosobnikowej, z jednym genem dominującym. Podane wyliczenia (np. 73,97% i 26,03%) to w zaokrągleniu 1/4 i 3/4 – podanie czterech cyfr znaczących nie jest możliwe dla populacji poniżej 1000 egzemplarzy!

³ Wydaje się to nie znajdować potwierdzenia w artykułach oryginalnych A. Einsteina, zob. np. D.V. Redžić, *Comment on „Lorentz contraction and current-carrying wires”*, Eur. J. Phys. **31** (2010) L31.



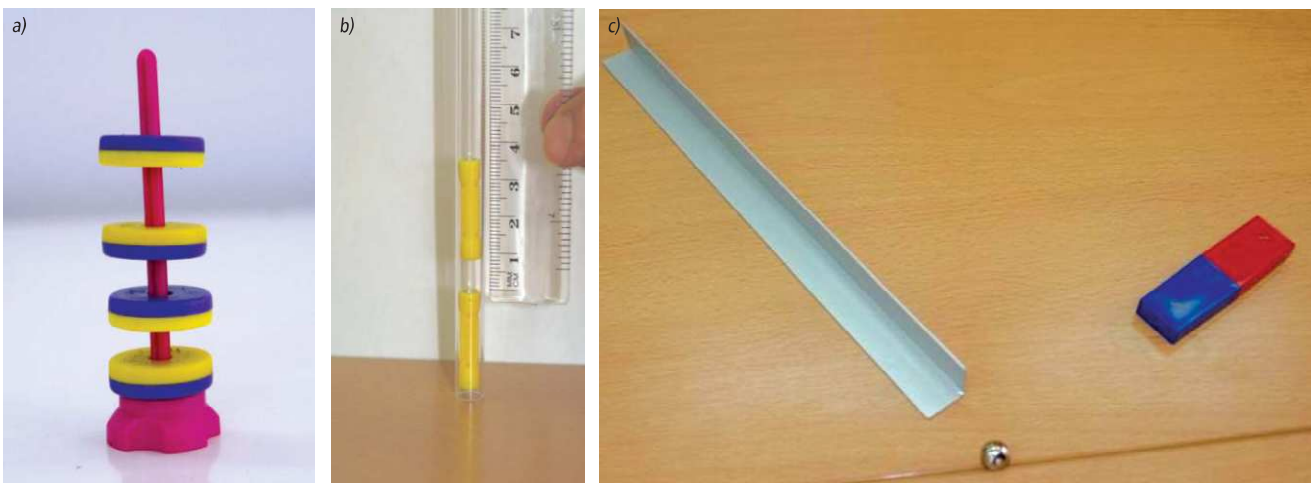
Rys. 4. Trzy różne sposoby nauczania o oddziaływaniach magnetycznych: 1) heurystycznie fascynujące, ale trudne do zrozumienia, jeśli ma zastąpić pojęcie magnesów i ich biegunów; 2) praktyczne, bez niezbyt bezpiecznego wchodzenia w szczegóły [11]; 3) próba formalnej, na poziomie uniwersyteckim, odpowiedzi na pytanie, jak oddziałują bieguny magnesów [12]

we określenie siły oddziaływania (fot. 1a). W drugim doświadczeniu, z magnesami sztabkowymi wiszącymi w szklanej rurce (fot. 1b), można zmierzyć odległość między kolejnymi magnesami. Oczywiście zależność matematyczna jest jedynie orientacyjna – nie jest to prawo Coulomba i nie jest to oddziaływanie między dipolami elektrycznymi. Doświadczenie z magnesem i staczającą się stalową kulką (tzw. skoki narciarskie, fot. 1c) pozwala na zmianę prędkości kulki i odległości jej trajektorii od magnesu. Komputerowa analiza obserwowanych torów umożliwia znalezienie innego prawa matematycznego, niż się spodziewamy – siła oddziaływania wydaje się odwrotnie proporcjonalna do siódmej potęgi odległości kulki od magnesu [14]. Dzięki serii tych trzech doświadczeń zdobywamy umiejętność stawiania pytań i rozumowania krok po kroku: od obserwacji jakościowej aż do przeprowadzenia pomiarów z użyciem komputera.

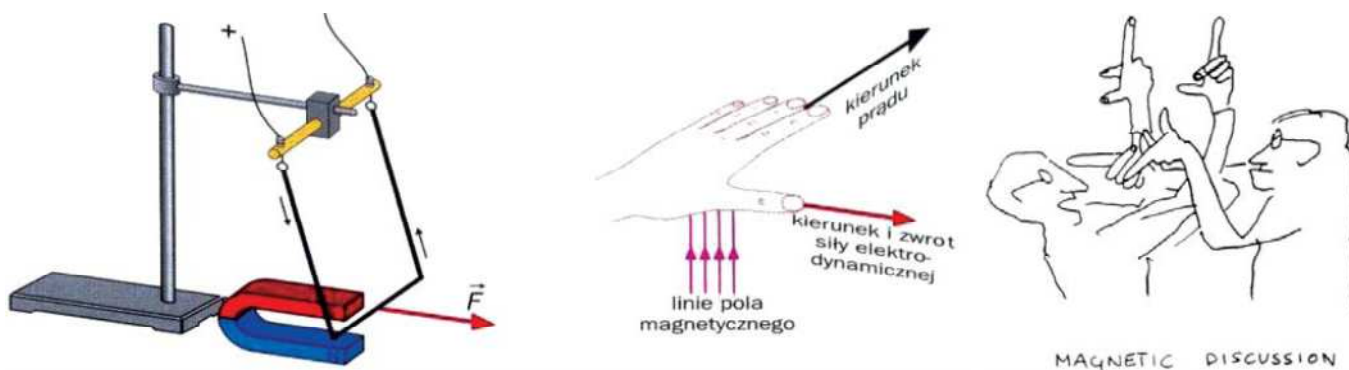
W XXI wieku, w natłoku informacji, należy ostrożnie wybierać **umiejętności**, ponieważ niektóre z nich mogą być na tyle ważne, że bez nich pozostały **gmach wiedzy** mógłby runąć. Innymi słowy, **umiejętności** stanowią rodzaj żelbetowego szkieletu, który następ-

nie zostaje wypełniony cegłami **wiedzy**. Rozważmy kolejny przykład z elektromagnetyzmu, bardzo „lubiący” w większości podręczników – kierunek siły Lorentza. Wiedzą **istotną** w temacie siły „elektrodynamicznej” (nie mylić z elektrochemiczną, elektromotoryczną, elektromagnetyczną, magnetohydrodynamiczną itd.) jest to, że działa ona prostopadle do linii sił pola magnetycznego (a właściwie – według wzoru – do linii **indukcji** magnetycznej) i do kierunku przepływu prądu (zdefiniowanego jako kierunek przepływu ładunków dodatnich). Czytelnik już z informacji w nawiasie w poprzednim zdaniu zauważa, że ilość konwencji, ręki prawej lub lewej itd., czyni „umiejętność” określenia kierunku siły bardzo wątpliwą, jak to ilustruje następny rysunek, zaczerpnięty z włoskiego czasopisma dydaktyki fizyki.

„Umiejętność” wyznaczenia kierunku wychYLENIA się ramki należałoby więc uznać za zbędną, jako że realne szanse trafienia na właściwą odpowiedź wynoszą 1/8 (kierunek przepływu prądu, kierunek linii sił pola magnetycznego, reguła ręki). Właściwy kierunek siły Lorentza określi student (po nabyciu **umiejętności** posługiwania się iloczynem wektorowym) jako $\mathbf{F} = I \mathbf{l} \times \mathbf{B}$.



Fot. 1. Ścieżka dydaktyczna omawiająca w sposób półilościowy oddziaływanie magnesów: a) oddziaływanie magnesów dipolowych o biegunach odległych (Geomag™); b) oddziaływanie magnesów o biegunach bliskich sobie; c) tzw. magnetyczne skoki narciarskie – oddziaływanie magnesu z dipolem indukowanym w stalowej kulce – obserwowana zależność od odległości przybliża się jako r^{-7} , zob. „Toruński doświadczałnik z fizyki” [13]



Rys. 5. Zbytnią formalizację nauczania, poprzez wprowadzanie reguł niezbyt istotnych dla **całości** wiedzy, należy uznać za szkodliwą, jak to parafrazuje rysunek pochodzący z lat 50. XX wieku autorstwa wybitnego włoskiego fizyka czeskiego pochodzenia, Brunona Touschka (za: „Nuovo Cimento”)

Generalna umiejętność – śruby prawoskrętnej – zastąpi nieudolne wyciąganie palców i reguły dyskryminujące osoby manualnie odmienne. Istotny przekaz w prawie **indukcji** elektromagnetycznej to odniesienie do prawa zachowania energii, zob. [15].

O ile kwestia podręczników jest rozwiązywalna, o tyle prawdziwą tragedią dydaktyczną okazuje się internet. Nawet w najprostszych zagadnieniach (jak

pęd lub moment pędu), na najlepszych naukowo stronach (w rodzaju Wikipedii) przedstawiony materiał jest dla przeciętnego ucznia całkowicie niezrozumiały, a wręcz *misleading*. Jedynie niewiele instytucji, np. liceum w Turku, podjęło trud stworzenia materiałów przyjaznych dla ucznia i nauczyciela.

Kłopot w wiarygodnym wykorzystaniu internetu jako środka dydaktycznego polega na jego anonimowości, a właściwie specyficznej dla

Polski „wielautorowości”. Praktykowana powszechnie „społeczna własność dóbr intelektualnych” uniemożliwia **alokację wartości dodanej do bezpośrednich wytwórców innowacji** (pozwalam sobie użyć terminologii ekonomicznej). Stąd cała nadzieja w ACTA.

OECD: od PISA do AHELO

Punktem odniesienia do rozwiniętych gospodarek świata była dla Polski jeszcze w latach 60. XX wieku Organizacja ds. Rozwoju Ekonomicznego i Współpracy (OECD), obejmująca swoimi działaniami nie tylko UE i kraje gospodarczo zaawansowane. OECD systematycznie ocenia systemy edukacyjne różnych krajów, w tym Polski (zob. porównania w referacie autora) [16]. Jednym z tych systemów ocen jest PISA, w którym w ostatnich latach polscy uczniowie znacznie poprawili swoje wyniki. Jest to wynik napawający optymizmem, choć w oficjalnych dokumentach OECD poddawane są pod dyskusję rzeczywiste powody tej poprawy. Kolejne dokumenty OECD oceniają krytycznie

$\vec{F} = 0$
to całkowity pęd ciała (układu ciał) nie zmienia się:
 $\Delta \vec{p} = 0$
 $\vec{p} = \text{const}$
Powyższe zdanie stanowi treść zasady zachowania pędu. Zasada zachowania pędu jest konsekwencją symetrii translacji w przestrzeni (twierdzenie Noether)
 $\vec{x} \rightarrow \vec{x}' = \vec{x} + \vec{a}$.
Jeżeli energia potencjalna jest niezmiennicza ze względu na translację,
 $U(\vec{x}) = U(\vec{x}') = U(\vec{x} + \vec{a}) = U(\vec{x}) + a^i \frac{\partial U}{\partial x^i} + \dots$

$p = mv$
Ma on taki sam kierunek i zwrot, co wektor prędkości danego ciała, ale jego wartość obliczamy mnożąc wartość prędkości przez liczbę – wartość masy danego ciała.
Widać, że wzór na energię kinetyczną możemy też przedstawić w postaci:
 $E_k = p^2/2m (= 1/2 m^2 v^2 / m)$
W mechanice kwantowej nierelatywistyczna (poruszająca się z małą prędkością w porównaniu z c) cząstka swobodna o określonym pędzie $p = \hbar k$ i określonej energii $E = E_k = \hbar \omega$, opisywana jest funkcją falową: $\exp i(kx - \omega t)$, spełniającą równanie Schrödingera zależne od czasu (dla uproszczenia w jednym wymiarze):
 $-\hbar^2/2m (\partial^2 \Psi / \partial x^2) = i \hbar \partial \Psi / \partial t$

Rys. 6. Internet, przy całym zalewie informacji, nie dostarcza uczniowi narzędzi przyjaznych. Strona Wikipedii w dziesiątej linijce hasła „pęd” cytuje zasadę Noether, inna strona jako trzeci wzór w tym temacie podaje równanie Schrödingera

Methods
The test will look at:
Generic skills common to all students, such as:
Critical thinking
Analytical reasoning
Problem-solving
Written communication
Discipline-specific skills (in economics and engineering for the feasibility study)
Contextual information to link the data to student backgrounds and learning environments.

Rys. 7. Nowe wymagania OECD w kwestii nauczania uniwersyteckiego nie dotyczą ani umiejętności liczenia, ani wiedzy przyrodniczej, a jedynie zasadniczych reguł zachodniego, analitycznego sposobu myślenia

inne aspekty polskiego systemu edukacji, np. znaczną formalizację systemu oceny szkół, małą sumaryczną liczbę godzin szkolnych, małą liczbę godzin poświęconych na naukę języka ojczystego (zob. szczegółowe dane w [16]).

Prawdziwym wyzwaniem jest jednak nie poprawa wyników porównań według minionych kryteriów oceny, ale przygotowanie systemu nauczania do **nowych** wymagań OECD. Taki system został w 2010 roku sformułowany dla nauczania uniwersyteckiego; kraje mogą w nim uczestniczyć na zasadzie dobrowolności. Nowy system oceny jakości systemu szkolnictwa wyższego, AHELO [17], jest dość niezwykły – nie będzie oceniał **wiedzy** ani nawet **umiejętności** szczegółowych, lecz jedynie cztery umiejętności **ogólne**.

Umiejętnościami cytowanymi przez AHELO są (w podanej kolejności):

- myślenie krytyczne;
- rozumowanie analityczne;
- rozwiązywanie problemów;
- komunikacja pisemna.

W stosunku do wymagań polskiej szkoły byłaby to prawdziwa rewolucja: nagradzać powinniśmy uczniów „kłopotliwych”, tych, którzy zadają najwięcej pytań, powinniśmy usuwać z treści lekcji gotowe wiadomości, a **konstruować** interaktywnie wiedzę z uczniami. Powinniśmy uczyć stawiania problemów, ich precyzowania werbalnego, rozbijania zagadnienia na fragmenty, rozwiązywania problemów krok po kroku i syntetyzowania wiedzy w sposób kolektywny. Pomocna w tym względzie jest cienka książeczka pochodząca z XVII wieku – *Rozprawa o metodzie*. Oto cytat: *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, jak tylko to, co się przedstawiło memu umyśłu tak jasno: wyraźnie, iż nie będzie miał żadnej możliwości podania tego w wątpliwość.*

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

Trzecie, aby prowadzić myśli po porządku, zaczynając od przedmiotów najprostszych i najłatwiejszych do poznania, i pomalu, 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 dokładne i przegłębne tak powszechne, abym był pewny, iż nic nie opuściłem.

Wnioski

Nowe ramy kształcenia i podstawa programowa wymagają uczenia wiedzy, umiejętności i kompetencji; żaden z dokumentów nie pokazuje dość jasno, jak je rozgraniczyć. Warto byłoby podjąć dyskusję i rozpisać poszczególne hasła z podstawy na szczegółowe wskazówki metodyczne. Praca (anonimowej) grupy ekspertów z fizyki z minionych lat nie zastąpi konieczności permanentnej debaty nad sposobami realizacji zadanych treści metodami, które bezustannie oferują nowe możliwości.

O ile od studenta UE zaczyna wymagać głównie myślenia krytycznego, powinniśmy się, jako nauczyciele i wykładowcy, również do tego wymagania powoli przyzwyczajać. Wiedza winna być konstruowana, ale nie – jak tego oczekiwał J. Piaget – przez samodzielne myślenie ucznia ani – jak to postulowali konstruktywiści społeczni – poprzez umowę zbiorowości, ale przez neometodę Sokratesa: wydobywanie z pojedynczych wiadomości uczniów (zebranych w społeczności klasowej) tej ścieżki dojścia do wiedzy i umiejętności, którą nauczyciel na daną godzinę lekcyjną zaplanował. Nazywamy tę metodę **nadkonstruktywizmem**, jako że w warunkach powszechnej dostępności do **wiedzy** właściwą ścieżkę rozumowania można skonstruować *ad hoc*, bez żadnego podręcznika, w oparciu jedynie o przewiedzę uczniów. Wymaga to jednak od nauczyciela wysokich kwalifikacji, zob. [18].

Fizyka powinna wykorzystać swoją jedyną, wspomnianą powyżej potrójną metodologię do:

- uczenia jasności w dwuwartościowym, dychotomicznym myśleniu;
- stawiania problemów i rozwiązywania ich stopniowo do stanu, na jaki pozwala obecna wiedza;
- lakoniczności zapisu, również z wykorzystaniem matematyki;
- bogactwa ekspresji, bez zbędnej petryfikacji słów, które w języku potocznym żyją własnymi bytami⁴;

⁴ Przykładowo: szybkości i prędkości.

- poszukiwania płaszczyzn wspólnych z innymi naukami przyrodniczymi (a także humanistycznymi)⁵; płaszczyzny te to swego rodzaju „warunki brzegowe”, które poszczególne nauki powinny między sobą uzgodnić jak w rozwiązaniu równania różniczkowego.

PS Zakład Dydaktyki Fizyki UMK (a poprzednio Zakład Spektroskopii Akademii Pomorskiej w Słupsku) podejmuje od prawie 20 lat różnorodne działania w celu większego zainteresowania fizyką i poprawy jakości nauczania. Wspomniemy tu pierwsze interaktywne wystawy „Fizyka i zabawki”, projekty UE, „Physics is Fun” i MOSEM. W ramach pierwszego omówiono fizykę współczesną, w ramach drugiego stworzono zestawy doświadczalne z elektromagnetyzmu. W ramach projektu EEA GRANTS napisany został *Toruński poręcznik do fizyki. Gimnazjum I klasa. Mechanika*.

W dniach 6–8 grudnia ZDF UMK, przy współudziale PTF, zostało zorganizowane w Toruniu seminarium z serii *Komputer w szkolnym laboratorium przyrodniczym*. Tym razem, z uwagi na wejście nowych programów nauczania zarówno w zakresie przyrody, jak i fizyki współczesnej, seminarium miało charakter warsztatów z dużą ilością szczegółowo omawianych tematów. Seminarium zorganizowano we współpracy z innymi zakładami dydaktyki UMK. Uczestnicy otrzymali materiały drukowane (i wykłady PDF do użytku dydaktycznego) w zakresie przyrody (około 10 z 25 tematów podstawy programowej) oraz w zakresie fizyki współczesnej (PDF: 25 plakatów A1).

Kontakt: dr A. Karbowski: akarb@fizyka.umk.pl.

prof. zw. dr hab. inż. Grzegorz Karwasz
Zakład Dydaktyki Fizyki, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

⁵ Mickiewicza „mędrca szkiełko i oko”, cytowane na naszej wystawie „Fiat Lux”, wzięło się zapewne z lunet braci Śniadeckich w Wilnie, również „ława” i „wewnętrzny ogień” w czasach, kiedy geologia dopiero się wykluwała, świadczą o dobrym wykształceniu **przyrodniczym** wieszca.

LITERATURA

- [1] G. Karwasz, *Mała reforma*, skrót wykładu na sesji dydaktycznej XXXVII Zjazdu PTF, Warszawa 2005; <http://www.fizyka.umk.pl/~karwasz/pliki/reforma08.pps>.
- [2] G. Karwasz, *Feeding and fishing, czyli o popularyzacji i o rekrutacji (II)*. *Normalna szkoła nienormalna*, „Głos Uczelni” 2010, nr 6/7; http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje_2010/Feeding2_GK_2010.pdf.
- [3] G. Karwasz, *Pémy i murkwie, czyli słowo a myśl*, „Polonistyka” 2011, nr 10; http://www.edupress.pl/download/gfx/edupress/pl/defaultopisy/856/1/1/8203500034_polonistyka_10_2011_pemy_i_murkwie.pdf.
- [4] Z. Kwieciński, *30 grzechów głównych w kształceniu nauczycieli* [w:] tegoż, *Tropy – ślady – próby. Studia i szkice z pedagogiki pogranicza*, Wydawnictwo EDYTOR, Poznań-Olsztyn 2000.
- [5] J. Mostowski, *Komentarz do podstawy programowej przedmiotu fizyka* [w:] *Podstawa programowa z komentarzami*, t. 5, MEN, Warszawa 2009.
- [6] G. Karwasz, M. Sadowska, K. Rochowicz, *Toruński poręcznik do fizyki. Gimnazjum I klasa. Mechanika*, Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń 2010; http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/163.
- [7] L. Shulman, *Knowledge and teaching: Foundations of the new reform*, „Harvard educational review” 1987, nr 1.
- [8] J. Chojnacka, G. Karwasz, *Elipsoida ziemiska*, „Foton” 2011, nr 114; http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje_2011/Elipsoida_2011.pdf.
- [9] W. Peeters, *Seminarium dla nauczycieli. Metody nauczania*, tłum. M. Sadowska, MOSEM, ZDF UMK, Toruń 2009; http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/mosem_new/pliki/Metody_nauczania_20071030.pps.
- [10] J. Kruk, G. Karwasz, *Reprezentacja, przyczynowość i badania eksperymentalne jako znaczące punkty „mapy poznawczej” dydaktyki ogólnej*, „Forum Oświatowe” 2005, nr 2; http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Pliki/Reprezentacja_Przyczynowosc.pdf.
- [11] L. Meyer, G.D. Schmidt, *Duden Basiswissen Schule. Physik*, Dudenverlag Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich 2005.
- [12] P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci, *Fisica. Elettromagnetismo*, Edises, Napoli 2005.
- [13] *Toruński doświadczalnik z fizyki. Elektromagnetyzm*, pod red. G. Karwasza, ZDF UMK, Toruń 2009; <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Doswiadczalnik/Doswiadczalnik.pdf>.
- [14] E. Kedzierska i in., *Mosem² Project*, 14th MPTL Seminar, Udine, 23–27.09.2009; http://www.fisica.uniud.it/URDF/mptl14/ftp/full_text/ws4.pdf.
- [15] A. Karbowski i in., *Discovering electromagnetic induction*, 14th MPTL Seminar, Udine, 23–27.09.2009; http://www.fisica.uniud.it/URDF/mptl14/ftp/full_text/T1_78_Karbowski.pdf.
- [16] G. Karwasz, *Porównanie systemów szkolnych według raportów PISA, TALIS, OECD*, Środowiskowe Seminarium Dydaktyki Fizyki, Toruń, 16.03.2011; http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Pliki/TALIS_2010.pdf.
- [17] AHELO, *Testing student and university performance globally: OECD's AHELO*, OECD 2010; http://www.oecd.org/document/2/0,3746,en_2649_35961291_40624662_1_1_1_1,00.html.
- [18] G. Karwasz, *Między neorealizmem a hyper-konstruktywizmem. Strategie dydaktyczne dla XXI wieku*, „Problemy Wczesnej Edukacji” 2011 (w druku); http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Wyklady_Filmy/PWE_GK_small.pdf.