

Henryk Szaleniec

Wojewódzki Ośrodek Metodyczny w Krakowie

UMIEJĘTNOŚCI UCZNIÓW SZKÓŁ PODSTAWOWYCH W DZIEDZINIE POSŁUGIWANIA SIĘ WYKRESEM NA LEKCJACH FIZYKI

Każdą myśl, problem albo zasób wiedzy można przedstawić w dostatecznie prostej formie, aby każdy uczeń mógł to zrozumieć w dostępnej dla siebie postaci.

J. S. Bruner

Element wiedzy (szczególnie przyrodniczej) można przedstawić w trzech formach:

- przedstawienie czynnościowe, za pośrednictwem działań prowadzących do osiągnięcia określonego skutku,
- przedstawienie graficzne, wyrażające pojęcia bez pełnej definicji za pomocą sekwencji syntetycznych obrazów,
- przedstawienie za pomocą formalizmu matematycznego, podporządkowanego prawom i zasadom formułowania i przekształcania twierdzeń.

Jednym z istotnych celów nauczania fizyki, na bazie której analizowano kształcenie umiejętności posługiwania się wykresami, jest cały zespół umiejętności związanych z trzecią najwyższą formą przedstawiania wiedzy, tak zwaną formalizacją matematyczną. Począwszy od szóstej klasy, gdzie w początkowym nauczaniu tego przedmiotu dominują dwie pierwsze z wymienionych form, stopniowo uczniowie uczą się badać związki czysto formalne pomiędzy symbolami reprezentującymi wielkości fizyczne. Zaczyna dominować funkcyjny opis prawidłowości przyrodniczych oraz jego graficzne przedstawienie za pomocą diagramów i wykresów. Do wyrażania poznawanych praw i zależności w zapisie funkcyjnym, efektywnym z punktu widzenia ekonomiki przedstawiania wiedzy, dochodzi uczeń prawie jeszcze każdorazowo na tym etapie rozwojowym poprzez wykorzystywanie w mniejszym lub większym stopniu,

zależnie od indywidualnego stopnia rozwoju intelektualnego, dwóch pierwszych form. Ponieważ, jak potwierdzają badania genetyczne Piageta, pojęcia i operacje nie pojawiają się bez wcześniejszego przygotowania polegającego na przejsciu przez łańcuch zachowań bardziej prymitywnych, w stosunku do których są one tylko nowym zróżnicowaniem i innym układem (Piaget 1977). I chociaż z chwilą dojścia do zapisu algebraicznego uczeń uniezależnia się w pewnym stopniu od konkretnych stanów rzeczy oraz przedstawień graficznych, które do tej abstrakcji doprowadziły to, jak twierdzi psycholog amerykański Jerome S. Bruner, dalsze myślenie opiera się nadal w znacznym stopniu na zespole form obrazowych w trakcie opisywania pojęć i zależności abstrakcyjnych (Bruner 1984).

Wykres zależności pomiędzy wielkościami, należący już do języka sformalizowanego, stanowi istotny pomost pomiędzy drugą oraz trzecią formą przedstawiania wiedzy i powinien, jeśli to możliwe, poprzedzać zapis algebraiczny w procesie dochodzenia do prawa czy innego związku.

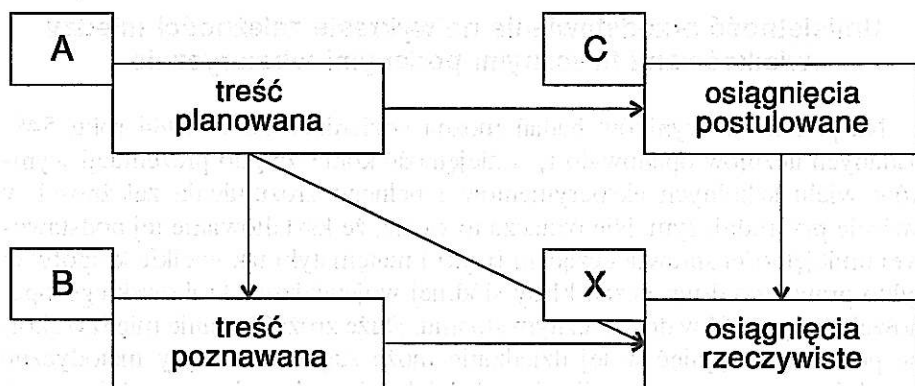
Tak więc wykres zależności pomiędzy wielkościami może stanowić z jednej strony ogniwo pośrednie na drodze transponowania obserwacji i doświadczeń na kategorię skuteczniejszych, bardziej skondensowanych form zapisu, jakim jest zapis algebraiczny. Z drugiej strony umożliwia działanie heurystyczne, zgłębianie problemów dogodnymi, mniej rygorystycznymi środkami i ustalanie związków pomiędzy wielkościami w opisywanej rzeczywistości na podstawie zależności uwidocznionych na wykresie. Ma to szczególne znaczenie w przedmiotach przyrodniczych, gdzie niebagatelną rolę przypisuje się szkolnemu eksperymentowi uczniowskiemu, który powinien spełniać zarówno rolę poznawczą, jak i weryfikacyjną wobec przyjętych na lekcjach hipotez. Wyniki eksperymentu uczniowie przedstawiają zwykle w postaci tablicy liczb obrazujących kilka obserwacji. Nie możemy jednak pominąć faktu, że umysł 13-14-latka nie najlepiej sobie jeszcze radzi z dostrzeganiem w stabilizowanych danych doświadczalnych tego, co jest ogólną prawidłowością i najistotniejsze. Umysł dziecka musi w tym przypadku wchłonąć i przetworzyć naraz zbyt wiele informacji, aby osiągnąć zrozumienie. Dopiero przedstawienie danych doświadczalnych za pomocą grafów, symboli i wykresów pozwala łatwiej dostrzec prawidłowości, umożliwia formułowanie praw i zasad, które mogą być zapisane w reprezentacji algebraicznej. Istotną rolę odgrywa tu kwestia ekonomii w odniesieniu do sposobu przedstawiania fragmentu opisywanej rzeczywistości, tego minimalnego kwantum informacji koniecznych do sformułowania prawa. Proces formułowania prawa na drodze indukcyjnej z wykorzystaniem nagromadzonej informacji podczas grupowego lub zbiorowego eksperymentu wiąże się z przetwarzaniem kontekstowym, o którym wspomina T. Tomaszewski w książce *Ślady i wzorce*. Próba sformułowania prawa na podstawie tylko tabeli danych kończy się często dla wielu uczniów niepowodzeniem i przyjęciem zależności a priori podanej przez nauczyciela lub podręcznik bez związku z uzyskanymi danymi, co prowadzi nawet do nawyku

dającego biegłość w posługiwaniu się prawem w sytuacjach typowych, lecz nie stymuluje do generowania wiedzy produktywnej.

Jak wykazała w swoich badaniach M. Materska, zakodowanie materiału ma znaczny wpływ na rezultaty uczenia się (Materska 1978). Języki używane zamiennie do prezentacji tych samych informacji w różnym stopniu sprzyjają autonomii generowania wiedzy produktywnej. Uczniowie, którzy uczyli się na podstawie materiału prezentowanego za pomocą filmu (kod obrazowy), osiągnęli wyższe wyniki w zakresie generowania wiedzy produktywnej niż w przypadku posługiwania się tekstem, który charakteryzował się wyższą abstrakcyjnością w stosunku do prezentowanych treści.

Podsumowując, warto zauważyć, że wykorzystywanie przez uczniów wykresów w trakcie poznawania rzeczywistości przyrodniczej może przynieść zarówno zwiększenie transferu w obrębie wiedzy reproduktywnej, jak i wyższe wyniki w zakresie wiedzy produktywnej. Tak więc opanowanie umiejętności posługiwania się wykresami jest nie do przecenienia w procesie uczenia się i nauczania przedmiotów przyrodniczych.

Model podstawowych zależności objętych badaniami obejmuje związki pomiędzy treścią planowaną, poznawaną a osiągnięciami postulowanymi i rzeczywistymi stanowiącymi treść opanowaną w zakresie umiejętności posługiwania się wykresami na lekcjach fizyki. Związki te można zilustrować następująco:



Rys. 1. Model zależności objętych badaniami w obszarze treści nauczania

Model obejmuje dwie grupy zmiennych niezależnych A i B oraz jedną grupę zmiennych zależnych X. Grupa C – osiągnięcia postulowane programami nauczania i potrzebami dalszego kształcenia się – stanowią kryterium oceny rzeczywistych osiągnięć uczniów w zakresie posługiwania się wykresami.

Na podstawie zebranych wyników badań spróbujemy odpowiedzieć na pytania:

1. Jaki jest stan osiągnięć uczniów szkoły podstawowej w zakresie umiejętności posługiwania się wykresami?
2. Jak się mają osiągnięcia stwierdzone na podstawie badań do osiągnięć postulowanych?

Pytanie pierwsze można uszczegółowić:

- 1a1. Jaki jest poziom umiejętności uczniów szkoły podstawowej w zakresie odczytywania informacji przedstawionych za pomocą komunikatów wykresowych?
- 1a2. Jaki jest poziom umiejętności odczytywania z wykresu rodzaju przedstawionej graficznie zależności?
- 1a3. Jaki jest poziom umiejętności uczniów w zakresie odczytywania z wykresu komunikowanego nim prawa, procesu lub innej zależności fizycznej?
- 1b. Jaki jest poziom umiejętności uczniów w zakresie przedstawiania informacji za pomocą wykresu (komunikatu wykresowego)?
 - 1b1. Jaki jest poziom umiejętności uczniów w zakresie sporządzania wykresów na podstawie danych przedstawionych w tabeli?
 - 1b2. Jaki jest poziom umiejętności uczniów w zakresie przedstawiania wykresem praw i innych zależności fizycznych?

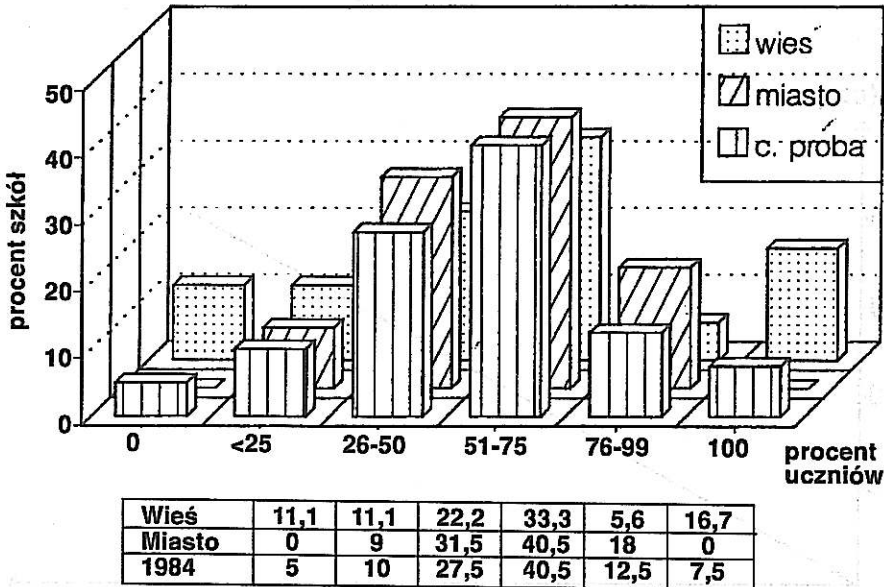
Umiejętność przedstawiania na wykresie zależności między wielkościami fizycznymi podanymi tabelarycznie

Na podstawie wyników badań można stwierdzić, że w 1984 roku 54% badanych uczniów opanowało tę umiejętność konieczną do prezentacji wyników wielu szkolnych eksperymentów i pełnego zrozumienia zależności w świecie przyrodniczym. Nie oznacza to wcale, że kształtowanie tej podstawowej umiejętności sprawia uczącym fizyki i matematyki tak wielkie kłopoty, iż tylko prawie co drugi uczeń klasy siódmej województwa krakowskiego opanował tę czynność w dostatecznym stopniu. Duże zróżnicowanie międzyszkolne poziomu osiągnięć w tej dziedzinie może sugerować błędy metodyczne popełniane przez nauczycieli odpowiedzialnych za kształtowanie tej prostej, zdawać by się mogło, umiejętności. Pośród badanych szkół można odnaleźć takie, w których wszyscy lub prawie wszyscy uczniowie bez trudu dokonują transformacji tabeli danych sporządzając wykres, jak i takie, gdzie nie udało się to zrobić poprawnie żadnemu. Szkoły wiejskie są bardziej zróżnicowane w tej dziedzinie niż miejskie. Wprawdzie nie można powiedzieć, że istnieje statystycznie istotna różnica średniej łatwości zadania sprawdzającego tę czynność w obydwu warstwach, ale 32% wariacji wyników na wsi stanowi wariacja międzyszkolna, gdy w mieście tylko 15% (tab. 1).

**Porównanie wskaźników opanowania umiejętności
sporządzania wykresów w 1984 r.**

Warstwa	Średnia łatwość zadania $p \pm 2\sigma_a$	Wariancja		Rozstęp łatwości Δp
		całkowita s^2	międzyszkolna $\%s^2$	
Miasto	$0,57 \pm 0,10$	0,2500	15	1,00
Wieś	$0,50 \pm 0,10$	0,2500	32	0,69
Cała próba	$0,54 \pm 0,07$	0,2490	23	1,00

Porównanie histogramów średniego wskaźnika opanowania umiejętności sporządzania wykresów w badanych szkołach przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Porównanie rozkładów opanowania umiejętności sporządzania wykresów przez uczniów szkół województwa krakowskiego w 1984 r.

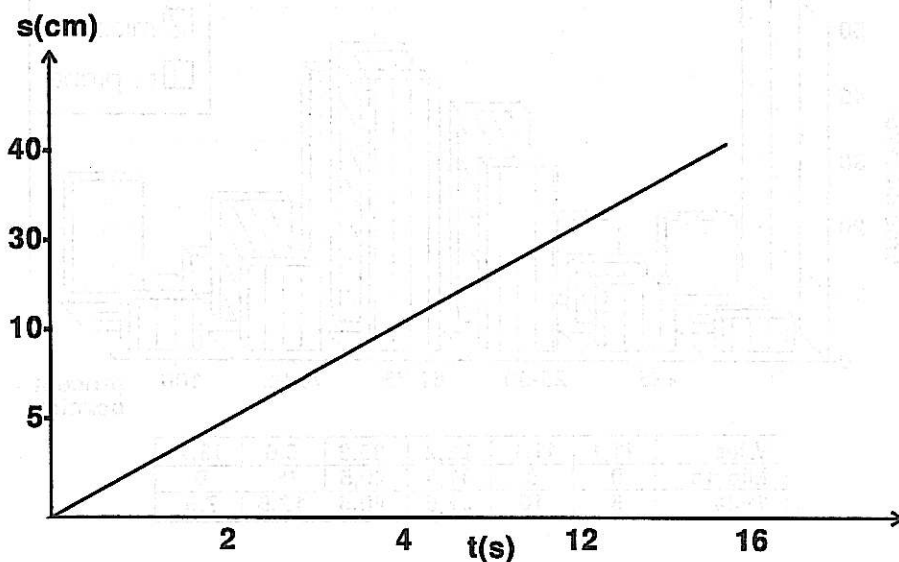
Jak można odczytać z rozkładów przedstawionych na rysunku 1, 22% szkół wiejskich znalazło się w grupie tych, których uczniowie nie popełnili błędów przy sporządzaniu wykresów, podczas gdy w 11% placówek w tej warstwie żaden uczeń nie poradził sobie z takim zadaniem. Znamionym jest fakt, iż 31,5% uczniów nie uzyskało pozytywnego wyniku, popełniając błąd skalowania osi układu współrzędnych. Błąd ten był często nie dostrzegany i ignorowany przez nauczycieli fizyki, gdyż pozornie nie wprowadzał zniekształcenia zależności prezentowanej wykresem z powodu identycznej deformacji skali zarówno zmiennej niezależnej, jak i zależnej.

Rysunek 3 przedstawia treść zadania i wykres, jaki sporządziło 31,5% badanych uczniów.

Piotrek badał ruch pęcherzyka w rurce z wodą, mierząc czas ruchu i odpowiednie odcinki drogi. Wyniki pomiaru przedstawił w tabelce.

s (cm)	5	10	30	40
t (s)	2	4	12	16

Sporządź wykres zależności drogi przebytej przez pęcherzyk od czasu trwania ruchu. Jakim ruchem poruszał się pęcherzyk?



Rys. 3. Typowy błąd rysowania wykresów

Prawdopodobnie nauczyciele fizyki nie doceniają czynności skalowania osi układu współrzędnych, gdyż mają do czynienia najczęściej ze skalami liniowymi. Nie podejrzewają, iż dla uczniów, którzy uprzednio nauczyli się na matematyce przedstawiać graficznie funkcję liniową, całkiem naturalnym wydaje się bezpośrednie przenoszenie kolejno po sobie następujących wartości tabeli z pominięciem etapu skalowania. 38% nauczycieli w badanych szkołach – poprawiając prace uczniów – nie zauważyło tego błędu, zaliczając cytowane na poprzedniej stronie rozwiązanie jako poprawne. Błąd skalowania częściej popełniany był przez uczniów szkół wiejskich i różnica średniej częstości występowania błędu w warstwach (miasto-wieś) jest istotna dla $\alpha = 0,05$ (tab. 2).

Tabela 2

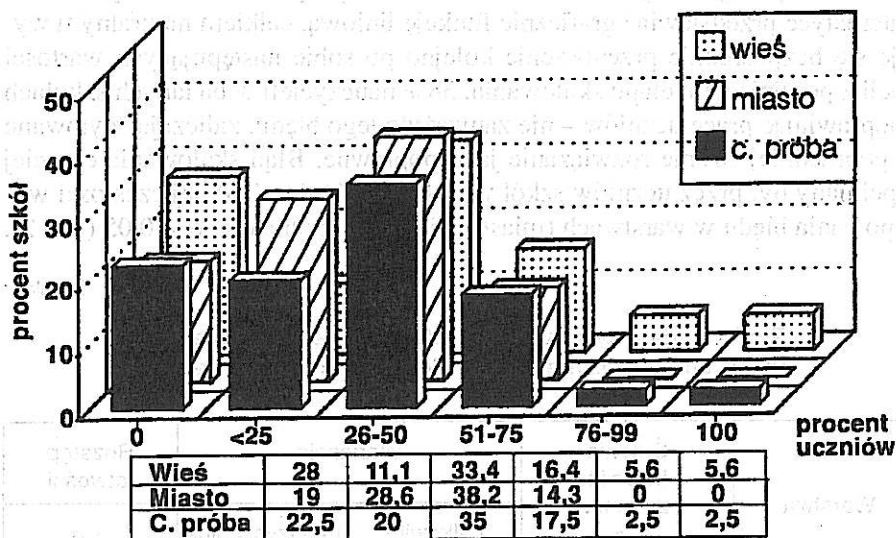
Porównanie w warstwach częstości popełniania błędów skalowania wyrażone frakcją niepoprawnych odpowiedzi

Warstwa	Średnia łatwość zadania $p \pm 2s_p$	Wariancja		Rozstęp łatwości
		całkowita s^2	międzyszkolna $\%s^2$	Δp
Miasto	0,27 ± 0,09	0,197	20	1,00
Wieś	0,37 ± 0,09	0,233	29	0,67
Cała próba	0,31 ± 0,07	0,214	25	0,67

Fakt, że prawie w jednej czwartej badanych szkół żaden z uczniów nie popełnił tego błędu, zdawał się przemawiać za tym, że łatwo będzie można go wyeliminować, uświadamiając uczącym genezę błędu i proponując stosowne rozwiązania metodyczne. Rzeczywistość okazała się jednak bardziej złożona, o czym świadczą wyniki badań przeprowadzonych w tych samych szkołach pięć lat później. Jak przedstawia się powszechność błędu skalowania, można zorientować się na podstawie rozkładów frakcji niepoprawnych odpowiedzi w poszczególnych szkołach.

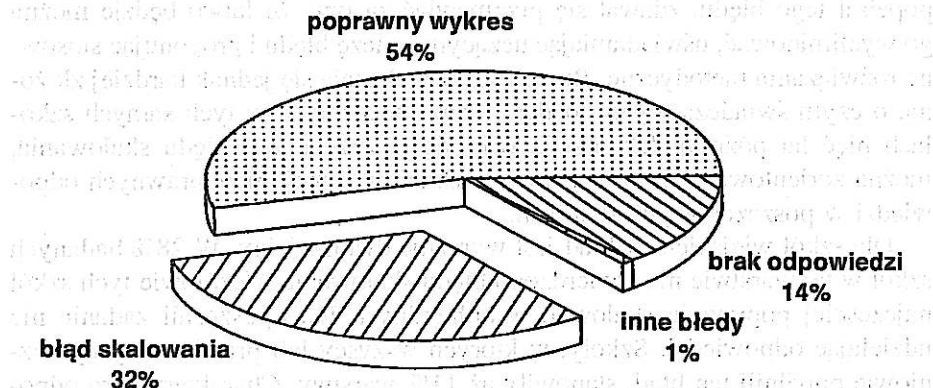
Dla szkół wiejskich rozkład jest wyraźnie dwumodalny. W 28% badanych szkół w tej warstwie nie stwierdzono błędu skalowania. Uczniowie tych szkół najczęściej poprawnie skalowali współrzędnych lub opuszczali zadanie nie udzielając odpowiedzi. Szkoły, w których wszyscy lub prawie wszyscy uczniowie popełnili ten błąd, stanowiły aż 11% warstwy. Charakterystykę odpowiedzi na zadanie sprawdzające umiejętność konstruowania wykresu przedstawia rysunek 4. Jak można odczytać z rysunku, błąd skalowania stanowił główną przyczynę niepowodzeń w tym zadaniu. Również zaskakująco duża jest

Porównanie procentu uczniów popełniających błąd skalowania w szkołach województwa krakowskiego w 1984 r.



Rys. 4. Porównanie procentu uczniów popełniających błąd skalowania w szkołach województwa krakowskiego w 1984 r.

frakcja uczniów, którzy nie przystąpili do próby sporządzenia wykresu na podstawie tabeli wyników doświadczenia, które prawie w każdej szkole było wykonywane (o czym świadczą wypowiedzi badanych uczniów).



Rys. 5. Charakterystyka odpowiedzi na pytanie sprawdzające umiejętność rysowania wykresów (województwo krakowskie 1984 r.)

W świetle uzyskanych wyników należy uznać jako twardy fakt empiryczny powszechną nieporadność uczniów w sporządzaniu wykresów, której główną przyczyną są błędy skalowania. W 1984 roku w klasach siódmych województwa krakowskiego co trzeci uczeń popełniał błąd skalowania osi układu współrzędnych.

Umiejętność identyfikacji rodzaju zależności danej wykresem

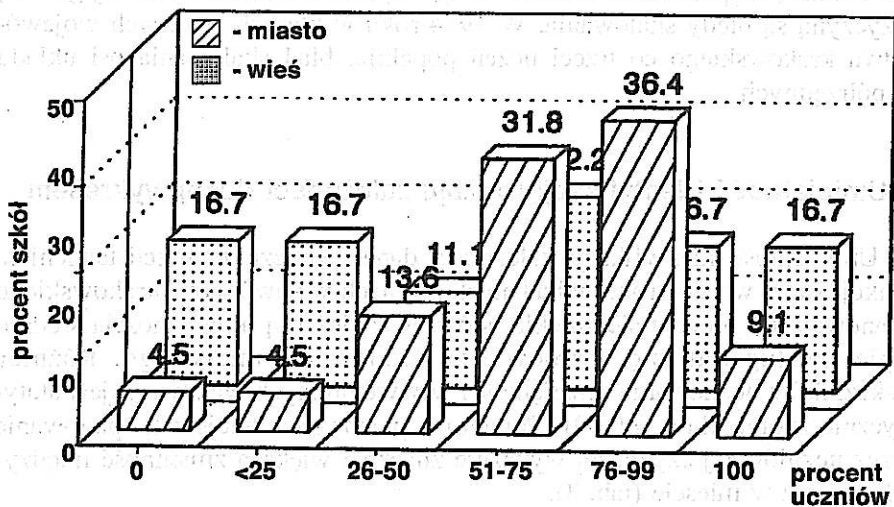
Umiejętność identyfikacji zależności danej graficznym przedstawieniem funkcji stałej w 1984 roku w badanych szkołach województwa krakowskiego opanowało 61 procent siedmioklasistów. Również i tą umiejętnością średnio lepiej posługiwali się uczniowie ze środowiska miejskiego. Różnica wskaźników opanowania umiejętności w wyróżnionych warstwach jest statystycznie istotna dla $\alpha = 0,001$. Ponadto w placówkach wiejskich opanowanie przez uczniów tej czynności wykazuje znacznie większą zmienność międzyszkolną niż w mieście (tab. 3).

Tabela 3

Porównanie w warstwach wskaźników opanowania umiejętności identyfikacji rodzaju zależności danej egzemplarzem wykresu $E(t) = \text{const}$.

Warstwa	Średnia łatwość zadania $p \pm 2s_a$	Wariancja		Rozstęp łatwości Δp
		całkowita s^2	międzyszkolna $\%s^2$	
Miasto	0,68 \pm 0,09	0,2180	29,6	1,00
Wieś	0,53 \pm 0,10	0,2500	46,3	1,00
Cała próba	0,61 \pm 0,07	0,2380	39,5	1,00

Różnica poziomu opanowania czynności w wyodrębnionych warstwach jest statystycznie istotna przy $\alpha = 0,01$. Szkoły, w których żaden z uczniów nie opanował tej umiejętności, stanowią więcej niż 20% próby w warstwie wiejskiej podczas gdy w mieście tylko 4,5%. Jak można odczytać z rysunku 6, rozkład średniego wskaźnika opanowania omawianej umiejętności w warstwie wiejskiej jest bardzo płaski. Mogłoby to wskazywać na konieczność dalszego warstwowania placówek terenowych w celu lepszego opisu badanej rzeczywistości. Głębsza analiza wskazuje jednak, iż zbiory szkół, których żaden uczeń nie opanował dwóch różnych umiejętności posługiwania się wykresami, są rozłączne.



Wieś	16,7	16,7	11,1	22,2	16,7	16,7
Miasto	4,5	4,5	13,6	31,8	36,4	9,1
1984	10	10	12,5	22,5	32,5	12,5

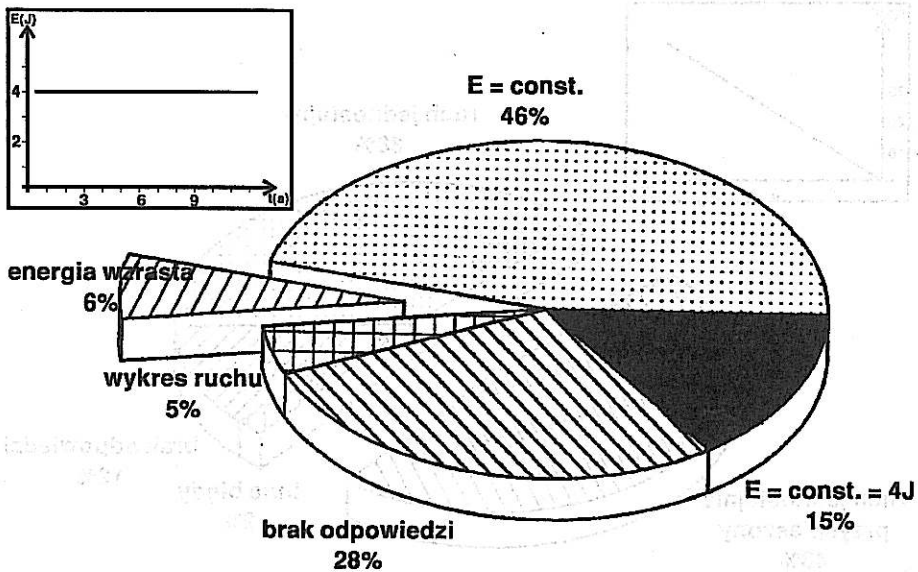
Rys. 6. Porównanie rozkładów opanowania umiejętności identyfikowania zależności $E(t) = \text{const.}$ w klasach siódmych województwa krakowskiego w 1984 r.

Wyniki badań zadaniem II2 testu TSFA1 dostarczają jeszcze jednej ciekawej informacji. Uczniowie kończący klasę siódmą w 1984 roku nie byli wdrożeni do odczytywania maksymalnej liczby informacji danej wykresem.

W wymienionym zadaniu zależność $E(t)$ przedstawiona była egzemplarzem wykresu, na którym $E(t) = 4J$. Polecenie dla ucznia brzmiało: „Co możesz powiedzieć na podstawie wykresu o tej energii”. Tylko 15% badanych udzieliło pełnej odpowiedzi „energia jest stała i wynosi 4J”. Uczniowie szkół miejskich opanowali tę umiejętność znacznie lepiej, gdyż pełnej odpowiedzi udzielił prawie co czwarty badany, podczas gdy na wsi co trzynasty (rys. 7).

Umiejętność identyfikacji zjawisk fizycznych na podstawie wykresu

Obowiązujący w roku szkolnym 1983/84 program nauczania fizyki podkreślał „Ruch prostoliniowy jednostajny jest pierwszym zagadnieniem, w którym wprowadza się podstawowe wielkości charakteryzujące zjawisko ruchu

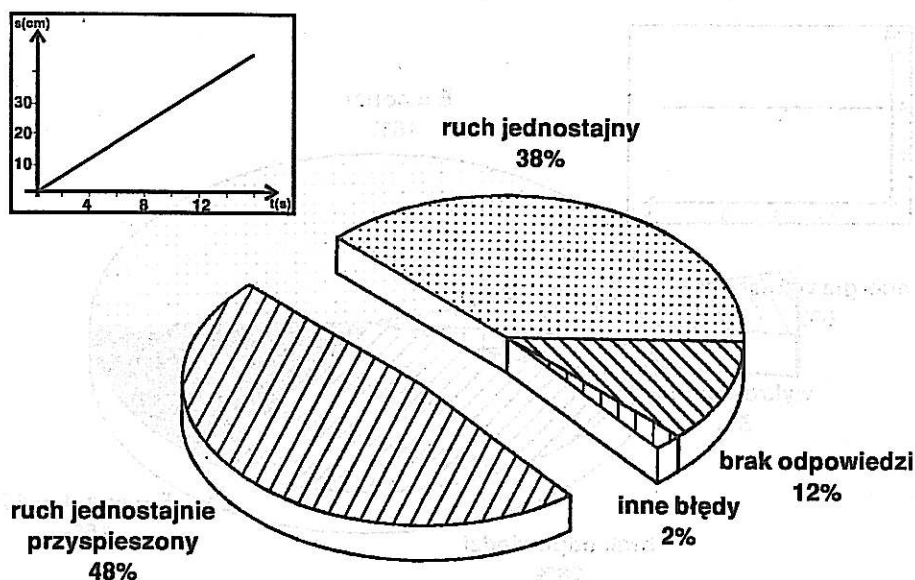


Rys. 7. Charakterystyka odpowiedzi uczniów klas siódmych szkół województwa krakowskiego w 1984 r. na zadanie sprawdzające umiejętność identyfikacji zależności $E(t) = \text{const.}$

oraz funkcjonalne zależności między nimi. Opis tego ruchu jest na początku ograniczony do opisu kinematycznego z zastosowaniem wzorów oraz wykresów prędkości oraz drogi jako funkcji czasu” (*Program nauczania...* 1979).

Umiejętność identyfikacji rodzaju ruchu na podstawie wykresu zależności drogi od czasu należy więc zaliczyć jako element treści podstawowej. 65% nauczycieli fizyki w badanych szkołach szacowało, że wszyscy lub prawie wszyscy uczniowie udzielą poprawnej odpowiedzi na to zadanie, a 35% uczących przewidywało, iż więcej niż 50% ich uczniów nie będzie miało kłopotu z jego rozwiązaniem. Niestety rzeczywistość okazała się zgoła odmienna. W badanej próbie czterdziestu szkół jedynie 38% siódmoklasistów opanowało tę umiejętność. Wykres przedstawiający zależność wprost proporcjonalną drogi do czasu częściej kojarzył się uczniom z ruchem jednostajnie przyspieszonym (rys. 8).

Zaskakujący jest fakt, iż aż w ośmiu szkołach, co stanowi 20% próby, żaden z uczniów nie potrafił zidentyfikować rodzaju ruchu na podstawie wykresu, chociaż nauczyciele fizyki szacowali, że co najmniej połowa klasy opanowała umiejętność potrzebną do rozwiązania tego zadania. Mimo iż różnica wskaźnika opanowania umiejętności identyfikacji rodzaju ruchu na podstawie



Rys. 8. Charakterystyka odpowiedzi uczniów klas siódmych województwa krakowskiego w 1984 r. na zadanie sprawdzające umiejętność identyfikowania zjawisk na podstawie wykresu

wykresu w obydwu warstwach nie jest istotna statystycznie, szkoły zlokalizowane na wsi wykazują większe zróżnicowanie opanowania tej czynności.

Tak zaskakująco niski poziom umiejętności identyfikacji zjawiska fizycznego na podstawie wykresu w niektórych szkołach nasuwa przypuszczenie, że uczniowie uczyli się wykresów jak piktogramów. Spośród 26 lekcji hospitowanych, na których uczący wykorzystywali wykresy, aż na 19 nauczyciele usiłowali nauczyć konkretnego wykresu, a nie posługiwania się wykresem jako nieodzowną komponentą przedmiotowego języka, pozwalającą łatwiej, przystępniej opisywać zależności w przyrodniczym świecie. Sprzyjał temu fakt, że w programie z 1979 roku w materiale wyszczególnione były hasła: wykres drogi i prędkości od zależności czasu w ruchu jednostajnym oraz wykres prędkości jako funkcji czasu w ruchu jednostajnie przyspieszonym. Zależność prędkości od czasu w ruchu jednostajnie przyspieszonym jest przedstawiana takim samym wykresem jak zależność drogi od czasu w ruchu jednostajnym. Jeżeli uczeń nie miał okazji na lekcji posłużyć się wykresem $s(t)$ w ruchu jednostajnym, a „nauczył się wykresu” $v(t)$ w ruchu jednostajnie przyspieszonym, to istnieje duże prawdopodobieństwo, że udzielił błędnej odpowiedzi, która została zaobserwowana powszechnie podczas badań. Trudności uczniów są więc jaskrawym przejawem materializmu dydaktycznego w

badanej dziedzinie i niewłaściwego interpretowania ówczasnie obowiązującego programu nauczania fizyki.

Umiejętność posługiwania się wykresami a inne osiągnięcia z fizyki uczniów klas siódmych województwa krakowskiego w 1984 roku

Rozumienie czytanego tekstu jest również uwarunkowane dziedziną, której treści są komunikowane. Dotyczy to nie tylko języka etnicznego, ale także, a może zwłaszcza, komunikatów wykresowych, których gramatykę poznaje uczeń na matematyce i próbuje mniej lub bardziej udolnie wykorzystywać na przedmiotach przyrodniczych, a szczególnie na fizyce.

Przyjrzyjmy się więc bliżej, jakie są relacje pomiędzy osiągnięciami z fizyki a zaawansowaniem uczniów w komunikowaniu tej wiedzy wykresem. Tabela 6 przedstawia uśrednione wskaźniki opanowania treści w działach: kinematyka, dynamika i energia mechaniczna w porównaniu ze wskaźnikiem umiejętności posługiwania się wykresami.

Tabela 4

Porównanie wskaźników osiągnięć w wyodrębnionych trzech działach fizyki z umiejętnością posługiwania się wykresami

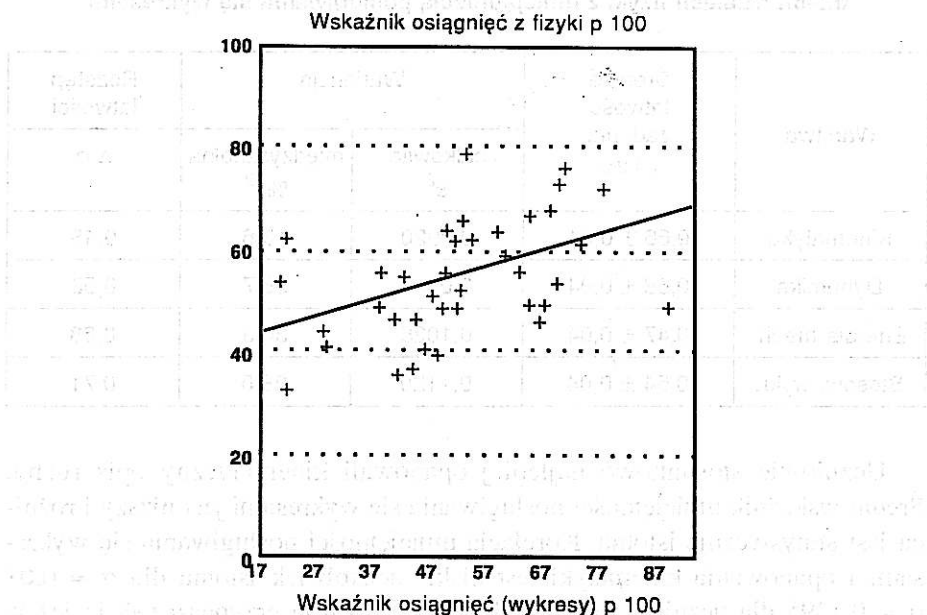
Warstwa	Średnia łatwość zadania $p \pm 2s_p$	Wariancja		Rozstęp łatwości Δp
		całkowita s^2	międzyszkolna $\%s^2$	
Kinematyka	0,66 \pm 0,04	0,0920	15,6	0,48
Dynamika	0,58 \pm 0,04	0,0716	36,7	0,53
Energia mech.	0,47 \pm 0,04	0,1025	30,3	0,68
Stosow. wyk.	0,54 \pm 0,04	0,1120	28,6	0,71

Uczniowie stosunkowo najlepiej opanowali kinematyczny opis ruchu. Średni wskaźnik umiejętności posługiwania się wykresami jest niższy i różnica jest statystycznie istotna. Korelacja umiejętności posługiwania się wykresami i opanowania kinematyki jest niska, aczkolwiek istotna dla $\alpha = 0,01$ ($r = 0,1395$ dla uczniów i $0,1593$ dla szkół). Można przypuszczać, iż już w siódmej klasie, gdy uczniowie dopiero zaczynali szerzej posługiwać się komunikatami wykresowymi, treść komunikatu nie jest sprawą pierwszoplanową w

kształtowaniu tej umiejętności i była nierzadko przez nauczycieli zaniedbywana, jeżeli nie dotyczyła hasła programowego wymienionego w materiale.

Średni wskaźnik opanowania treści nauczania w szkołach w działach „Ruch i siła (kinematyka i dynamika)” oraz „Energia mechaniczna” koreluje z umiejętnościami posługiwania się wykresami na poziomie $r = 0,5039$. Rysunek 9 ilustruje tę zależność.

W pięciu z badanych szkół wskaźnik osiągnięć z fizyki nie związanych z wykresami był niższy od 0,5, podczas gdy wskaźnik opanowania umiejętności posługiwania się wykresami osiągnął wartość powyżej 0,5. W innych pięciu szkołach zaobserwowano poniżej 0,5 wskaźnik umiejętności posługiwania się wykresami przy wyższym poziomie opanowania treści fizyki sprawdzanej podczas badań. Wskaźnik poziomu opanowania umiejętności posługiwania się wykresami dla uczniów szkół województwa krakowskiego w 1984 roku najwyżej korelował z opanowaniem działu siódmej klasy. „Energia mechaniczna” ($r = 0,358$ dla ucznia oraz $0,6634$ dla szkoły), chociaż materiał obydwu działów (kinematyki i energii mechanicznej) był jednakowo reprezentowany w komunikatach wykresowych wykorzystywanych w teście. Ogólnie zadania sprawdzające umiejętności posługiwania się wykresami znacznie wyżej korelują z zadaniami, których rozwiązanie wymagało bardziej złożonych obliczeń i przekształceń. Natomiast oparta na tym samym elemencie materiału umiejętność obliczenia drogi w ruchu jednostajnym i identyfikacji tegoż ruchu na podstawie wykresu $s(t)$ korelują bardzo nisko.



Rys. 9. Zależność średnich wskaźników opanowania fizyki i umiejętności posługiwania się wykresami w szkołach województwa krakowskiego w 1984 r.

Na podstawie przeprowadzonych badań nie da się jednak stwierdzić, czy uczniowie, którzy opanowali umiejętność biegłego posługiwania się wykresami, osiągają wyższe wyniki z fizyki w klasie siódmej. W 1984 roku w szkołach województwa krakowskiego w strukturze uczniowskiej wiedzy wykresy nie funkcjonowały jeszcze jako wygodny sposób komunikowania praw i innych zależności, lecz jako odrębne elementy treści kategorii A celów nauczania. Stąd tak często wykres zależności $s(t)$ w ruchu jednostajnym kojarzony był przez badanych z ruchem jednostajnie przyspieszonym w trakcie przypominania sobie, poznanych na lekcjach; graficznych przedstawień zależności.

Literatura:

Bruner J. S., 1984: *W poszukiwaniu teorii nauczania*. Warszawa, PIW.

Materska M., 1978: *Produktywne i reproduktywne wykorzystywanie wiadomości w różnych fazach uczenia się*. Wrocław 1978, Ossolineum.

MOiWych. IPS: *Program nauczania w klasie VI i VII szkoły podstawowej. Fizyka*. Warszawa, WSiP.

Piaget J., 1977: *Psychologia i epistemologia*. Warszawa, PWN.

Henryk Szaleniec

The elementary-school students' skills in using graphs to learn physics

The author assumes that any element of scientific knowledge can be presented in three forms:

- 1) behaviorally, as an action leading to its aim,
- 2) graphically, as a sequence of synthetic images,
- 3) formally, with the aid of mathematical formalism.

The graphical presentation makes a linkage between the two other forms, and this function constitutes its instructional importance.

The average achievement on test items measuring students' ability to translate tabular data into graphic form and to read the dependence presented graphically is poor (54% and 61% resp.), and their ability to identify the physical phenomena graphically illustrated is very poor (38%). Moreover, percentages of successful students vary between schools from 0% to 100% on all the items.

Analyzing correlation between the items measuring the use of graphs and the total test score, the author's concludes that graphs make just one more piece of information to be memorized (or not), instead of serving communication functions in learning science.