

**Ignacy Kuźniak**

## **EFEKTY OPERACJONALIZACJI CELÓW NA LEKCJACH FIZYKI**

Jednym z ważnych problemów współczesności staje się doskonalenie systemu kształcenia na wszystkich szczeblach oświaty. Szczególnego znaczenia nabiera ono w szkołach, na które spada duża odpowiedzialność za kształcenie ludzi mających ulepszać bazę przyszłego systemu gospodarczego i kulturowego a w nim oświatowego. Stąd też poszukuje się nowych, bardziej efektywnych form, metod, środków dydaktycznych, względnie wykorzystuje się je w innych niż dotychczas zestawach.

Postępowanie powyższe, prowadzące do modernizacji i optymalizacji procesu kształcenia, szczególnie nabrało znaczenia obecnie w dobie rozwijającej się technologii kształcenia. Technologiczne bowiem ujęcie procesu dydaktycznego charakteryzuje się poniekąd czterema cechami: formułowaniem celów (w kategoriach operacyjnych); tworzeniem odpowiedniego środowiska materialnego szkoły (baza lokalowa, zaplecze dydaktyczne, środki dydaktyczne, materiały, instrukcje metodyczne dla nauczycieli, pakiety multimedialne itp.); określeniem dla odpowiednich typów uczenia się układu i treści programowych, odpowiednich kombinacji form, metod i środków dydaktycznych; kontrolą i oceną wyników nauczania (pomiarem osiągnięć).

Nie przypadkowo na pierwszym miejscu w charakterystyce procesu dydaktyczno-wychowawczego wymienia się formułowanie celów, bowiem by kształcenie stało się procesem efektywnym, musi być celowe, aktywne i świadome. Doskonalenie w formułowaniu celów kształcenia stanowi jednocześnie kryterium doboru i układu treści kształcenia, metod, form i środków dydaktycznych, kontroli i oceny wiedzy uczniów i ewaluacji procesu dydaktycznego w szkole. Mówiąc o doskonaleniu celów kształcenia ma się na uwadze optymalne ich osiągnięcie w danych warunkach, zgodnie z właściwym rozumieniem wymienionego komponentu procesu dydaktyczno-wychowawczego. Temu doskonaleniu podporządkowany powinien być w praktyce szkolnej tok postępowania celowościowego nauczycieli i uczniów.

W postępowaniu celowościowym nauczyciela na pierwszym planie winno być sprecyzowanie nie tylko celów przedmiotu nauczanego (celu ogólnego)

nego), ale również celów wynikających z teorii pedagogicznych, dotyczących prawidłowości przyswajania wiedzy przez uczniów (cele pośrednie) jak również celów wynikających z praktyki zawodowej i potrzeby samych uczniów (cele szczegółowe), a najlepiej wynikających z konkretnych sytuacji odniesienia (cele operacyjne) (Denek, Kuźniak 1985 s. 177—199).

Czy precyzowanie celów operacyjnych prowadzi do polepszenia efektów kształcenia? Na pytanie to starano się uzyskać odpowiedź w drodze eksperymentu pedagogicznego. Podstawę powodzenia w posługiwaniu się tą metodą badań naukowych stanowi dobra znajomość metodologii eksperymentu. Jakkolwiek dobrze znany jest eksperyment oparty na kanonie jedynej różnicy J. S. Milla, to rzadko spotkać można sprawozdanie i opisy badań doświadczalnych, w których badana cecha przyjmuje więcej niż dwa poziomy, względnie bada się oddziaływanie na zmienną zależną więcej niż jeden czynnik. Wyjątek w tym zakresie stanowią badania prowadzone w psychologii. Dzieje się tak, gdyż poniekąd mało są znane badaczom metody statystyczne, służące do analizy uzyskanych wyników pomiaru.

Spróbuję przynajmniej częściowo wypełnić tę lukę. Dokonano tego na przykładzie badań związanych ze zwiększeniem efektywności kształcenia, poprzez formułowanie na lekcjach fizyki celów ogólnych, pośrednich, szczegółowych i operacyjnych, treści podawanych uczniom za pomocą różnych metod nauczania w dwu różnych formach. Niemniej celem ogólnym artykułu jest zapoznanie Czytelników z wynikami badań nad przydatnością formułowania celów operacyjnych w dydaktyce szkoły powszechnej. Celami pośrednimi zaś są: planowanie, organizacja eksperymentu z tego zakresu oraz pomiar i analiza uzyskanych wyników w oparciu o metody statystyczne. Operacyjnymi zaś celami są: kroki dojścia do celów operacyjnych oraz sposoby posługiwania się analizą wariacyjną trójczynnika. Analiza ta w tej postaci w jakiej została przedstawiona w niniejszym artykule nie wymaga od Czytelnika specjalnego przygotowania matematycznego.

### 1. Ogólne założenia eksperymentu

W eksperymencie założono, że należyte formułowanie celów operacyjnych w trakcie prowadzenia lekcji przyczyni się do podniesienia ich efektów końcowych, w porównaniu z lekcjami, na których formułowano jedynie cele ogólne. Ponadto badano w jakim stopniu efekty końcowe zależą także od faktu, czy uczniom przekazywano treści kształcenia w sposób ustrukturalizowany, czy nieustrukturalizowany oraz jak kształtują się wyniki osiągnięć uczniów w klasach, w których stosowano metodę algorytmiczną przekazywania treści programowych, a jak w tych klasach, w których stosowano metodę heurystyczną. W ten sposób na wy-

niki kształcenia uczniów (zmienną zależną) oddziaływały trzy czynniki: rodzaj formułowanych celów na lekcjach — czynnik A, jakość form przekazywanych treści — czynnik B, metody nauczania — czynnik C. Każdy z nich występował na dwu poziomach. Chcąc zbadać wpływ na osiągnięcia uczniów wszystkich trzech czynników w jednym eksperymencie, należało dysponować 8 grupami uczniowskimi. W każdej z nich wylosowano do badań 6 uczniów, których wyniki pomiarów nas interesowały.

Weryfikacji hipotezy głoszącej, że wyniki kształcenia w poszczególnych klasach zależą od rodzaju formułowania celów, strukturalizacji treści kształcenia oraz metod ich przekazywania dokonano w badaniach doświadczalnych, którymi objęto, jak już wspomniano, osiem grup uczniowskich, stanowiących próby badawcze. Eksperyment przeprowadzono w semestrze zimowym roku szkolnego 1987—1988. Dotyczył on tematów związanych z elektrostatyką w klasie II licealnej o profilu podstawowym, na realizację których przeznaczono 18 lekcji. Porównywane próby miały następujące elementy wspólne: treści programowe i czas ich realizacji, wyrównany poziom wiedzy wstępnej z tego zakresu, jednakowe warunki pracy i wspólne kierownictwo badań.

Treści programowe, będące przedmiotem analizy na lekcjach fizyki z elektrostatyki zawiera program nauczania zatwierdzony przez Ministerstwo Oświaty i Wychowania. Do zestawionych tam treści programowych sformułowano cele ogólne, pośrednie i operacyjne lekcji.

## 2. Cele ogólne i operacyjne lekcji

Konstruowanie operacyjnych celów lekcji fizyki dokonano w pięciu krokach, które szerzej omówiono w pracy R. H. Davisa, L. T. Alexandra, S. L. Yelona (1983 s. 81—107) oraz opracowaniu K. Denka (1986 s. 25). Cel ogólny sprowadzono do stwierdzenia, że uczniowie po zakończeniu zajęć z podanego wyżej zakresu fizyki będą umieli opisać i wyjaśnić podstawowe zjawiska z elektrostatyki, co pozwoli im umocnić przekonanie o poznawalności świata, oraz opanują język nauki w takim stopniu, który umożliwi im swobodną komunikację między sobą.

Należy się jednak zapytać o źródła ogólnych celów kształcenia. Najogólniej mówiąc są nimi treści kształcenia, postawy nauczyciela wobec treści kształcenia oraz właściwości psychofizyczne uczniów. Jeśli za treści kształcenia przyjąć hasła programowe oraz zmiany, które mają zajść w wiadomościach, umiejętnościach i wartościach ucznia wraz z jego czynnościami powodującymi owe zmiany, to wyżej wymienione trzy źródła celów ogólnych dadzą się sprowadzić do jednego (Kruszewski 1987 s. 124, Niemiarko 1983 s. 27—42). Widać z niego, że do sformułowania celów lekcji nie wystarczy nauczycielowi tylko program nauczania, ale również potrzebne jest jego przygotowanie pedagogiczne i psychologiczne.

W następnym kroku ustalono sytuację odniesienia, tzn. sytuację, w której uczniowie mogą widzieć możliwość wykorzystania nabytej wiedzy. Sytuacja ta nastąpi w momencie poznawania zjawisk fizycznych z dziedziny prądu elektrycznego, elektrochemii i dalszych działów fizyki. Wówczas to uczeń powinien umieć dobrać właściwą wiedzę do opisu i zrozumienia poznawanych zjawisk. Nie trudno stwierdzić, że określenie sytuacji odniesienia wymaga od nauczyciela znajomości całego programu nauczania odnoszącego się do wszystkich szczebli kształcenia, w których opracowywane są problemy z fizyki jako nauki i przedmiotu nauczania.

Trzecim krokiem było sporządzenie testu sytuacji odniesienia, czyli określenia czynności, które uczeń musi umieć wykonać, aby wykazać, że dany cel osiągnął. Otóż uczniowie powinni nabyć umiejętności w odtwarzaniu użytecznych informacji, zastosowania odpowiedniej zasady do sytuacji, z którą zetknęli się na lekcjach i gdzie jest jasne, która zasada winna być zastosowana. Poza tym powinni uczniowie umieć dokonać wyboru odpowiedniej zasady i zastosować ją do sytuacji, z którą większość uczniów nie zetknęła się w klasie w procesie nauczania jak również nabyć wyższych umiejętności: w zakresie sytuacji problemowych, projektowania doświadczeń (również teoretycznych — myślowych), interpretacji ich wyników oraz ewaluacji wiedzy.

W czwartym kroku formułujemy już cele operacyjne w postaci zadań do wykonania. Oto one:

1. Opisać na wybranych przykładach trzy sposoby elektryzowania ciał i wyjaśnić, co to znaczy, że ciało jest naelektryzowane.
2. Wyjaśnić na przykładach (co najmniej dwóch), jak zachowują się względem siebie ciała naelektryzowane.
3. Sformułować w postaci jakościowej i ilościowej prawo wzajemnego oddziaływania ładunków elektrycznych punktowych na siebie, wyjaśniając we wzorze występujące wielkości.
4. Podać słownie definicję jednostki ładunku elektrycznego.
5. Podać słownie i uzasadnić interpretację współczynnika „k” we wzorze Coulomba.
6. Przytoczyć słownie i wyjaśnić na przykładach (wystarczy jeden) zasadę zachowania ładunków elektrycznych.
7. Zastosować prawo Coulomba w praktycznym rozwiązywaniu zadań, przez wyznaczenie wartości siły wzajemnego oddziaływania ładunków punktowych lub odległości ich wzajemnego oddziaływania względnie ładunków oddziałujących na siebie.
8. Rozwiązać zadania z wzajemnego oddziaływania ładunków punktowych, wykorzystując prawo Coulomba w powiązaniu z siłą ciężkości.
9. Zdefiniować pojęcie pola elektrostatycznego i natężenia pola jako wielkości charakteryzujące to pole oraz podać jednostkę natężenia pola.

10. Wyznaczyć wartość natężenia pola elektrostatycznego w danym jego punkcie i zinterpretować otrzymany wzór.
11. Opisać słownie i graficznie pole elektrostatyczne wytworzone przez ładunki punktowe, układy ładunków i płytki przewodzące.
12. Rozwiązywać zadania, wykorzystując wzory na miarę natężenia pola elektrostatycznego.
13. Przytoczyć pisemnie wzór na pracę w polu elektrostatycznym i wyjaśnić na jego przykładzie zachowawczy charakter tego pola.
14. Objaśnić pojęcie potencjału pola elektrostatycznego i powierzchni ekwipotencjalnej oraz jednostki potencjału.
15. Wyznaczyć pisemnie związek pomiędzy natężeniem pola elektrostatycznego a potencjałem.
16. Dokonać syntezy wiedzy na temat pola elektrostatycznego poprzez wielkości charakteryzujące to pole: natężenie, energię potencjalną, potencjał, linie sił.
17. Zastosować poznane wzory, prawa i zasady dotyczące pola elektrostatycznego do rozwiązywania zadań z tego zakresu.
18. Opisać model Rutherforda-Bohra atomu wodoru.
19. Przytoczyć postulaty Bohra dotyczące modelu atomu wodoru i wyjaśnić ich znaczenie w nowym ujmowaniu zjawisk fizycznych.
20. Określić wartości energii, które może atom przyjmować w zależności od odległości elektronu od jądra i objaśnić zmiany energii atomu według postulatów Bohra.
21. Przez analogię do modelu atomu wodoru opisać budowę innych atomów.
22. Wy tłumaczyć na przykładach w oparciu o budowę atomów, elektryzowanie ciał przez pocieranie, dotyk i indukcję.
23. Określić pojęcie pojemności elektrycznej przewodnika, jego miary i jednostki.
24. Wymienić czynniki od których zależy pojemność elektryczna przewodnika i na tej podstawie wprowadzić pojęcie kondensatora.
25. Określić rodzaje kondensatorów i przytoczyć wzory na miarę ich pojemności.
26. Przedstawić graficznie połączenia szeregowo i równoległe kondensatorów i wyprowadzić wzory na pojemność wyżej wymienionych układów.
27. Zastosować poznane wzory do rozwiązywania zadań z treścią.

Ostatnim krokiem jest ustalenie dolnej granicy poziomu realizacji poszczególnych celów operacyjnych. Częściowo je sformułowano w treściach celów operacyjnych. Tam zaś, gdzie ich brak kierowano się zasadą mówiącą, że na poziomie przytaczania wiadomości, rozumienia i zastosowania wiedzy w sytuacjach typowych, z którymi uczniowie zapoznali się

na lekcjach, wiedza uczniów powinna być opanowana w 100%. Na poziomie zaś wyższych umiejętności za dolny poziom realizacji celów przyjęto prawidłowość rozwiązywania zadań i udzielania poprawnych odpowiedzi w 50%.

### 3. Porządkowanie informacji zawartych w celach operacyjnych

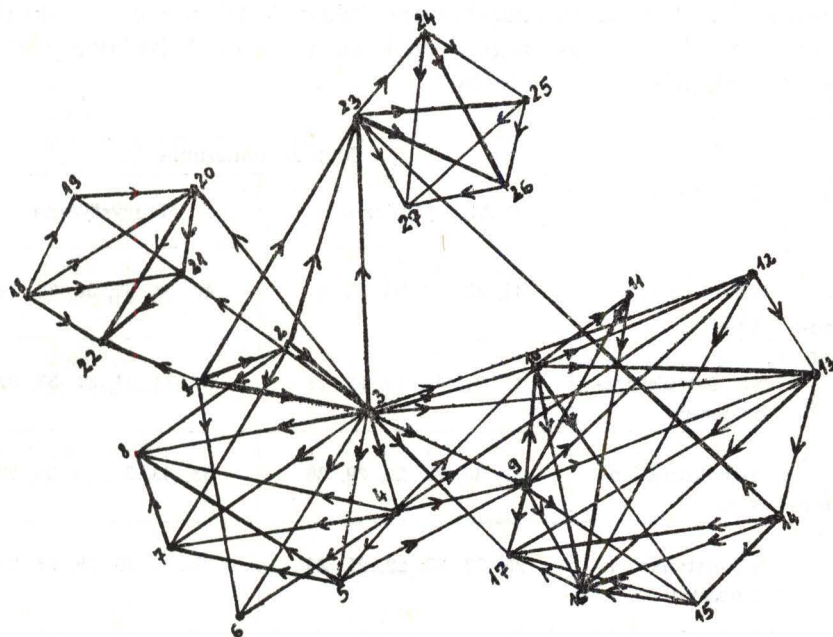
Podane wyżej cele operacyjne uporządkowano ze względu na właściwości merytoryczne i logicznego wynikania. Narzędziami i procedurami ułatwiającymi rozpoznanie układu treści i ich wzajemnego powiązania okazały się grafy i macierze oraz analiza grafowa i macierzowa.

Analiza grafowa polega na uzyskaniu graficznego obrazu związków pomiędzy informacjami zawartymi w celach operacyjnych, które reprezentowane są w grafie przez zbiór punktów (węzłów lub wierzchołków). Każdy węzeł grafu oznaczony jest liczbą, która określa jednocześnie numer celu operacyjnego. Związki pomiędzy poszczególnymi celami operacyjnymi zaznacza się liniami, które łączą dane wierzchołki grafu. Cele zależne od siebie zaznacza się strzałkami na poszczególnych liniach, kierując je w stronę celu podrzędnego wobec podstawowego. W przypadku gdy cele względem siebie są zależne współrzędnie linie łączące wierzchołki grafu reprezentujące te cele nie mają zwrotu. Wskaźnikiem rangi poszczególnych jednostek (celów) podstawowych jest liczba linii wychodzących do odpowiadających im wierzchołków grafu.

Wykorzystanie grafu do analizy związków pomiędzy operacyjnymi celami przedstawiono na rysunku 1. Wynika z niego, że wśród celów rozpatrywanych z pola elektrostatycznego dla drugiej klasy licealnej, występują cztery obszary pojęciowe. Do pierwszego obszaru pojęciowego należą cele operacyjne od 1 do 8, do drugiego od 9 do 17, trzeciego 18—22, oraz czwartego 23—27. Łatwo zwrócić uwagę, że cele 18—22 można realizować w obrębie pierwszego obszaru pojęciowego, co uczyniono w niniejszym eksperymencie.

Inny sposób badania zależności pomiędzy celami operacyjnymi stanowi analiza macierzowa. Jeśli pomiędzy celami rozpatrywanymi istnieje związek, w którym nie interesuje nas kierunek zależności (co najczęściej występuje w podręcznikach i opracowywaniach tekstów programowych), to budujemy macierz, której odpowiada graf niezorientowany. W macierzy takiej zależności pomiędzy celami operacyjnymi zaznacza się przez zakreskowanie pola wspólnego dla danych dwóch celów. W przypadku zaś gdy cele operacyjne występujące w tekście opracowywanym są powiązane podrzędnie i nadrzędnie, tworzymy macierz zero-jedynkową. Obrazem graficznym takiej macierzy jest graf zorientowany, tj. taki, w którym poszczególne węzły połączone są odcinkami skierowanymi.

Prawidłowo uszeregowanym celom operacyjnym odpowiada taka ma-



Rys. 1. Graficzne przedstawienie powiązań celów operacyjnych.

Fig. 1. Showing in graphic the relation of operational aims.

cierz zero-jedynkowa, w której pod przekątną występują same zera, elementy „jedynkowe” zaś — nad przekątną. Nie ma też w niej takich kolumn, w których występowałyby same zera (za wyjątkiem pierwszej), gdyż oznaczałoby to, że zrozumienie celu reprezentowanego przez tę kolumnę nie wymaga znajomości pozostałych. Można go więc przesunąć na koniec programu lub w ogóle z niego zrezygnować. Z analizy macierzowej korzystamy najczęściej wtedy, gdy liczba wyodrębnionych celów operacyjnych jest zbyt liczna i nie można uzyskać przejrzystego obrazu graficznego.

#### 4. Wyniki eksperymentu i ich opis

Po zakończeniu eksperymentu dokonano pomiaru uzyskanych rezultatów za pomocą przygotowanego zestawu pytań i zadań testowych. Składał się on z 20 zadań do samodzielnego opracowania przez uczniów. Poszczególne zadania tak sformułowano, by badały wiedzę uczniów z zakresu wiadomości, ich rozumienia i zastosowania w działalności praktycznej oraz

obejmowały całokształt zagadnień opracowywanych na lekcjach. Uczniowie mogli w trakcie udzielania odpowiedzi pisemnej posługiwać się tablicami i kalkulatorami, co znacznie przyspieszyło ich pracę. Wyniki uzyskane przez uczniów w poszczególnych klasach (próbach badawczych) wyrażone w punktach zawiera tabela 1.

Cele	Treści	Metoda nauczania	
		Algorytmiczna	Heurystyczna
Formułowano	Ustrukturalizowano	34, 33, 33, 32, 32, 31	40, 38, 37, 36, 36, 34
	Nie ustrukturalizowano	31, 31, 30, 30, 29, 28	36, 34, 34, 34, 33, 32
Nie formułowano	Ustrukturalizowano	31, 30, 29, 29, 29, 26	33, 33, 30, 30, 30, 29
	Nie ustrukturalizowano	25, 23, 23, 22, 21, 20	27, 26, 25, 25, 24, 24

Tabela 1. Rozkład wyników wyrażonych w punktach uzyskanych przez uczniów w badaniach eksperymentalnych.

Źródło: Wyniki pomiarowe z eksperymentu.

Table 1. Disposition of results shown in points scored by pupils in experimental research.

Source: Measurable results from experiments.

Charakterystyki poszczególnych grup badawczych zawarto w tabeli 2.

Z przeglądu charakterystyk rozkładów liczebności grup badawczych wynika (tabela 2), że najlepsze rezultaty uzyskali ci uczniowie, którym w trakcie lekcji podawano, bądź razem z nimi formułowano cele w sposób operacyjny. Podobnie można stwierdzić, że uczniowie, z którymi prowadzono zajęcia lekcyjne metodą heurystyczną uzyskali znacznie lepsze rezultaty, niż ci z którymi prowadzono lekcje metodą algorytmiczną.

Chcąc scharakteryzować grupy badawcze z punktu widzenia zmienności badanej cechy, należy stwierdzić, że na zmienność tę ma wpływ operacjonalizacja celów kształcenia jak i metoda prowadzenia lekcji. Operacjonalizacja celów kształcenia wpływa na zwiększenie jednorodności grup uczniowskich, podobnie jak algorytmizacja i strukturalizacja. Przeciwnie zaś poczynania do wyżej wymienionych powodują zmniejszenie jed-



Lp.	Nazwa charakterystyki	Symbole charakterystyk	Wartości charakterystyk grup							
			FUA	FUH	FNUA	FNUH	NUA	NUH	NNUA	NNUH
1.	Średnia arytmetyczna	x	32,5	36,5	29,8	33,8	29,0	30,8	22,3	25,2
2.	Wariancja	S <sup>2</sup>	1,1	4,2	1,4	1,8	2,8	3,0	3,1	1,4
3.	Odchylenie standardowe	S	1,0	2,0	1,2	1,3	1,7	1,7	1,8	1,2
4.	Współczynnik zmienności	V <sup>0/0</sup>	3,2	5,5	3,9	3,9	5,8	5,6	7,9	4,6
5.	Liczebność grup	n	6	6	6	6	6	6	6	6

Tabela 2. Charakterystyki grup badawczych.

Źródło: Obliczenia własne.

Poszczególne skróty w tabeli 2 oznaczają:

- FUA – grupa, w której formułowano cele operacyjne, treści strukturalizowano i stosowano metodę algorytmiczną,
- FUH – grupa, w której formułowano cele operacyjne, treści strukturalizowano i stosowano metodę heurystyczną,
- FNUA – grupa, w której cele operacjonalizowano, treści niestrukturalizowano i stosowano metodę algorytmiczną,
- FNUH – grupa, w której cele operacjonalizowano, treści nie strukturalizowano i stosowano metodę heurystyczną,
- NUA – grupa, w której celów nie operacjonalizowano, treści strukturalizowano i stosowano metodę algorytmiczną,
- NUH – grupa, w której celów nie operacjonalizowano, treści strukturalizowano i stosowano metodę heurystyczną,
- NNUA – grupa, w której celów nie operacjonalizowano, treści niestrukturalizowano i stosowano metodę algorytmiczną,
- NNUH – grupa, w której celów nie operacjonalizowano, treści niestrukturalizowano i stosowano metodę heurystyczną.

Table 2. Discription of exeminal groups.

Source: Own calculations.

Individual abberviations in table 2 signify:

- FUA – grup in which the operational aims were formed, substances were structuralized and heuristic method had been used,
- FUH – grup in which operational aims were formed, substances were structuralized and algoritmic method had been used,

- FNUA — grup in which the aims were operationalized, substances were not structuralized and algorithmic method had been used,  
 FNUH — grup in which the aims were operationalized substances were not structuralized and heuristic method had been used,  
 NUA — grup in which aims were not operationalized, substances structuralized and algorithmic method had been used,  
 NUH — grup in which the aims were not operationalized, substances were structuralized and the algorithmic method had been used,  
 NNUA — grup in which aims were not operationalized, substances not structuralized and the heuristic method had been used,  
 NNUH — grup in which aims were not operationalized, substances were not structuralized and heuristic method had been used.

norodności grup uczniowskich, czyli zwiększenie rozrzutu otrzymanych rezultatów nauczania i uczenia się.

Należy jednak obecnie zadać sobie pytanie, czy rzeczywiście średnie wyniki uzyskane przez uczniów w poszczególnych grupach różnią się istotnie? Aby uzyskać odpowiedź na powyższe pytanie posłużono się metodami statystycznymi, adekwatnymi do rozpatrywanego zagadnienia, a mianowicie trójczynnikiem analizą wariancji.

##### 5. Badanie istotności różnic pomiędzy wynikami grup

Wpływ poszczególnych czynników (zmiennych niezależnych) na wyniki kształcenia (zmienną zależną) określimy za pomocą analizy wariancji. W tym celu należy w pierwszej kolejności zbadać równość wariancji w poszczególnych grupach uczniowskich. Weryfikację tę przeprowadzimy za pomocą testu Hartleya. Wymaga on wyznaczenia wartości funkcji testu określonego wzorem (Brzeziński, Stachowski 1984 s. 120, Góralski 1987 s. 209):

$$F_{\max} = \frac{S^2_{i \max}}{S^2_{i \min}}$$

gdzie  $S^2_{i \max}$  i  $S^2_{i \min}$  oznaczają odpowiednio największą i najmniejszą wartość wariancji rozpatrywanych grup.

W przypadku, gdy  $F_{\max} < F_{\max}(0,05; N_i - 1, m)$ , gdzie  $N_i - 1$  oznacza liczebność grupy o największej wariancji, a  $m$  — liczebność grup, uznajemy, że porównywane grupy mają jednakowe wariancje. Wartość krytyczną na poziomie istotności 0,05 lub 0,01 odczytujemy z tablic.

Korzystając z wyników zawartych w tabeli 2 otrzymujemy:

$$F_{\max} = \frac{4,20}{1,10} = 3,82$$

Z uwagi na fakt, że  $F_{\max} = 3,82 < F_{\max}(0,05; 5, 8) = 22,9$  przyjmujemy, iż wariancje rozpatrywanych grup są jednorodne. Oznacza to, że możemy,

do wyznaczania istotności różnic pomiędzy badanymi grupami, stosować analizę wariancji.

Podstawową myślą przewodnią analizy wariancji jest założenie, że całkowita zmienność wyników eksperymentu  $G$  równa się sumie składników, z których każdy związany jest z konkretnym czynnikiem eksperymentalnym, interakcjami pomiędzy czynnikami oraz błędem eksperymentalnym. Oznaczając, w naszym przypadku, poszczególne czynniki literami  $A$  — cele kształcenia,  $B$  — rodzaj treści,  $C$  — metody przekazywania treści kształcenia, otrzymamy iż całkowita zmienność  $G$  równać się będzie:

$$G = A + B + C + AB + AC + BC + ABC + E,$$

gdzie poszczególnym literom odpowiadają zmienności związane z czynnikiem  $A$ ,  $B$ ,  $C$  interakcjami pomiędzy czynnikami  $AB$ ,  $AC$ ,  $BC$  i  $ABC$  oraz błędem eksperymentalnym  $E$ , czyli zróżnicowaniem wewnątrzgrupowym. Zmienność całkowitą można obliczyć ze wzoru:\*)

$$G = \sum_{k=1}^n \sum_{z=1}^c \sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^a x_{ijzk}^2 - S$$

gdzie litery  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , oznaczają odpowiednio liczbę poziomów czynnika  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $n$  — liczbę pomiarów w jednej grupie badawczej.

Dla obliczenia poszczególnych zmienności stosujemy wzory:

$$A = \frac{1}{nbc} \sum_{i=1}^a \left( \sum_{k=1}^n \sum_{z=1}^c \sum_{j=1}^b x_{ijzk} \right)^2 - S$$

$$B = \frac{1}{nac} \sum_{j=1}^b \left( \sum_{k=1}^n \sum_{z=1}^c \sum_{i=1}^a x_{ijzk} \right)^2 - S$$

$$C = \frac{1}{nab} \sum_{z=1}^c \left( \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^a x_{ijzk} \right)^2 - S$$

$$AB = \frac{1}{nc} \sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^a \left( \sum_{k=1}^n \sum_{z=1}^c x_{ijzk} \right)^2 - (S + A + B)$$

\* Poszczególne podane tu wzory otrzymałem w wyniku przekształceń wzorów podanych przez J. Brzezińskiego i R. Stachowskiego (1984) oraz A. Góralskiego (1987).

$$AC = \frac{1}{nb} \sum_{z=1}^c \sum_{i=1}^a \left( \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^b x_{ijzk} \right)^2 - (S+A+C)$$

$$BC = \frac{1}{na} \sum_{z=1}^c \sum_{j=1}^b \left( \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^a x_{ijzk} \right)^2 - (S+B+C)$$

$$ABC = \frac{1}{n} \sum_{z=1}^c \sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^a \left( \sum_{k=1}^n x_{ijzk} \right)^2 - (S+A+B+C+AB+AC+BC)$$

$$E = G - (A+B+C+AB+AC+BC+ABC)$$

gdzie

$$S = \frac{1}{nabc} \left( \sum_{k=1}^n \sum_{z=1}^c \sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^a x_{ijzk} \right)^2$$

Wariancje dla poszczególnych składników zmienności (czynników oddziaływujących na zmienną zależną, czyli w naszym przypadku — wyniki nauczania) możemy obliczyć ze wzorów:

$$S^2_A = \frac{A}{a-1}, \quad S^2_B = \frac{B}{b-1}, \quad S^2_C = \frac{C}{c-1},$$

$$S^2_{AB} = \frac{AB}{(a-1)(b-1)}, \quad S^2_{AC} = \frac{AC}{(a-1)(c-1)},$$

$$S^2_{BC} = \frac{BC}{(b-1)(c-1)}, \quad S^2_{ABC} = \frac{ABC}{(a-1)(b-1)(c-1)},$$

$$S^2 = \frac{E}{abc(n-1)}$$

Mianowniki poszczególnych wariancji określają jednocześnie liczbę stopni swobody dla nich.

Należy obecnie sformułować hipotezy zerowe  $H_0$  dla poszczególnych czynników wpływających na wyniki pomiarów. Są nimi:

$H_0(A)$ : Średnie brzegowe na „a” poziomach czynnika A nie wpływają na zróżnicowanie wyników pomiarów eksperymentalnych.

$H_0(B)$ : Średnie brzegowe na „b” poziomach czynnika B nie wpływają na zróżnicowanie wyników pomiarów eksperymentalnych.

- $H_0(C)$ : Średnie brzegowe na „c” poziomach czynnika C nie wpływają na zróżnicowanie wyników pomiarów eksperymentalnych.
- $H_0(AB)$ : Średnie nie dają podstawy do wnioskowania, iż pomiędzy czynnikami A i B zachodzi interakcja.
- $H_0(AC)$ : Średnie nie dają podstawy do wnioskowania, iż pomiędzy czynnikami A i C zachodzi interakcja.
- $H_0(BC)$ : Nie występuje w populacji interakcja pomiędzy czynnikami B i C.
- $H_0(ABC)$ : Nie występuje interakcja w populacji pomiędzy czynnikami A i B oraz C.

Hipotezy alternatywne  $H_1$  odpowiadające poszczególnym hipotezom zerowym  $H_0$  głoszą, że czynniki różnicują wyniki pomiarów oraz zachodzi interakcja pomiędzy zmiennymi niezależnymi (czynnikami A, B i C).

Weryfikacji hipotez zerowych dokonuje się w oparciu o test F, którego wartość porównujemy, na odpowiednim poziomie istotności  $\alpha$ , z wartością krytyczną  $F(\alpha; \nu_1; \nu_2)$  odczytaną z tablic. W przypadku gdy  $F < F(\alpha; \nu_1; \nu_2)$  brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej  $H_0$ . Jeśli zaś zachodzi  $F \geq F(\alpha; \nu_1; \nu_2)$   $H_0$  odrzucamy.

Wartości testu F dla poszczególnych hipotez zerowych  $H_0$  obliczamy ze wzorów:

$$\text{— dla } H_0(A); \quad F = \frac{S^2_A}{S^2} \quad \text{przy } \nu_1 = a - 1 \text{ i } \nu_2 = abc(n - 1) \text{ stopni swobody,}$$

$$\text{— dla } H_0(B); \quad F = \frac{S^2_B}{S^2} \quad \text{przy } b - 1 \text{ i } abc(n - 1) \text{ stopni swobody,}$$

$$\text{— dla } H_0(C); \quad F = \frac{S^2_C}{S^2} \quad \text{przy } c - 1 \text{ i } abc(n - 1) \text{ stopni swobody,}$$

$$\text{— dla } H_0(AB); \quad F = \frac{S^2_{AB}}{S^2} \quad \text{przy } (a - 1)(b - 1) \text{ i } abc(n - 1) \text{ stopni swobody,}$$

$$\text{— dla } H_0(AC); \quad F = \frac{S^2_{AC}}{S^2} \quad \text{przy } (a - 1)(c - 1) \text{ i } abc(n - 1) \text{ stopni swobody,}$$

$$\text{— dla } H_0(BC); \quad F = \frac{S^2_{BC}}{S^2} \quad \text{przy } (b - 1)(c - 1) \text{ i } abc(n - 1) \text{ stopni swobody,}$$

$$\text{— dla } H_0(ABC) \quad F = \frac{S^2_{ABC}}{S^2} \quad \text{przy } (a - 1)(b - 1)(c - 1) \text{ i } abc(n - 1) \text{ stopni swobody.}$$

Korzystając z wyżej wymienionych zależności otrzymujemy, na podstawie wyników pomiarów zawartych w tabeli 1:  $S=43320,1$ ,  $G=1001,9$ ,  $A=494,1$ ,  $B=243,0$ ,  $C=126,7$ ,  $AB=33,3$ ,  $AC=10,1$ ,  $BC=0,4$ ,  $ABC=1,3$

$A=494,1$ ,  $B=243,0$ ,  $C=126,7$ ,  $AB=33,3$ ,  $AC=10,1$ ,  $BC=0,4$ ,  $ABC=1,3$  oraz  $E=93,0$ .

Dzieląc każdą wartość zmienności przez odpowiadającą jej liczbę stopni swobody otrzymujemy oszacowanie wariancji poszczególnych czynników. Wartości te zawiera tabela 3.

Rodzaj zmienności	Liczba stopni swobody	Sumy kwadratów	Oszacowanie wariancji $S^2$	Wartości testu F	Wartości krytyczne $F(0,05; 1; 40)$
Czynnik A	1	494,1	494,1	214,83	4,08
Czynnik B	1	243,0	243,1	105,70	4,08
Czynnik C	1	126,7	126,7	55,09	4,08
Interakcja AB	1	33,3	33,3	14,48	4,08
Interakcja AC	1	10,1	10,1	4,39	4,08
Interakcja BC	1	0,4	0,4	0,17	4,08
Interakcja ABC	1	1,3	1,3	0,56	4,08
	40	93,0	2,3		
Całkowita G	48	1001,9			

Tabela 3. Zestawienie wyników trójczynnikowej analizy wariancji.

Źródło: Obliczenia własne.

Table 3. Comparison of three-factor analysis variants' results.

Source: Own calculations.

Z wyników zawartych w tabeli 3 można stwierdzić, że osiągnięcia uczniów w nauce różnicowane są przez rodzaj formułowania celów na lekcjach, sposób podawania treści i metodę nauczania. Stwierdzić można interakcję pomiędzy rodzajem formułowania celów a strukturą treści programowych, celami i metodami nauczania. Nie zachodzi zaś interakcja pomiędzy metodami nauczania a strukturą treści programowych. Wniosek ten jest dość zaskakujący. Bliżej jednak analizując metody nauczania stosowane w eksperymencie i strukturalizację treści przekazywanych uczniom, stwierdzić można, że algorytmizacja wprowadza już pewien ład,

strukturę. Stąd też wyniki otrzymane po opracowaniu za pomocą analizy wariancji nie mogą być zaskakujące.

Chcąc obecnie stwierdzić, która z grup uczniowskich uzyskała najlepsze rezultaty w nauczaniu, a która najgorsze, należy posłużyć się testem Duncana (Góralski 1987 s. 195). Stosując ów test stwierdzić można, że otrzymane rezultaty, zawarte w tabeli 1, tworzą trzy grupy różniące się pomiędzy sobą. Wewnątrz zaś grupy wyniki nie różnią się istotnie. Do pierwszej grupy zaliczamy te próby, w których formułowano cele operacyjne, treści kształcenia strukturalizowano, w jednej stosowano metodę algorytmiczną a w drugiej heurystyczną, trzecią próbę stanowią uczniowie dla których cele operacjonalizowano, nie strukturalizowano treści kształcenia ale stosowano metodę heurystyczną. W drugiej grupie znajdują się uczniowie oznaczeni symbolami (tabela 2) FNUA, NUA, NUH. Najślabszą grupę stanowią uczniowie, którym celów kształcenia nie strukturalizowano i nie operacjonalizowano.

W ten sposób, w świetle przedstawionych wyników badań, mamy podstawę do twierdzenia, że jednym ze sposobów zwiększenia (otrzymania) lepszych wyników nauczania jest operacjonalizacja celów kształcenia stosowana na wszystkich lekcjach. Należałoby też częściej w pracy nauczycielskiej korzystać z algorytmicznej i heurystycznej metody przekazywania treści programowych.

#### LITERATURA

- Brzeziński J., Stachowski R., 1984, Zastosowanie analizy wariancji w eksperymentalnych badaniach psychologicznych, Warszawa, PWN
- Davis R.H., Alexander L.T., Yelon S.L., 1983, Konstruowanie systemu kształcenia, Warszawa
- Denek K., Kuźniak I., 1985, Cele kształcenia w szkole wyższej i ich formułowanie, *Dydaktyka Szkoły Wyższej*, nr 2
- Denek K., 1986, Doskonalenie celów kształcenia lekcji, Koszalin
- Góralski A., 1987, Metody opisu i wnioskowania statystycznego w psychologii i pedagogice, Warszawa, PWN
- Kruszewski K., 1987, Zmiana i wiadomość. Perspektywa dydaktyki ogólnej, Warszawa
- Niemierko B., 1983, Planowana zmiana w uczniu jako osnowa dydaktyki — perspektywy pomiarowe, *Kwartalnik Pedagogiczny*, nr 1

IGNACY KUŹNIAK

**EFFECTS OF THE AIMS' OPERATIONALIZATION DURING PHYSICS LESSONS**

SUMMARY

One of the ways towards the optimum effectiveness of the didactic process is more than hitherto precise formulation of educational aims, which should lead to their operationalization. Only then both the teacher and the pupil will be able to define the effects of teaching and learning.

Does the formulation of educational aims result in better effects of education? Experimental research was conducted to answer this question on the basis of assumptions of multifactor variance analysis. The research was carried out on the syllabus of the liberal secondary school form II with the extended range of mathematics and physics and proved that formulation of aims in their operational form amplifies the effects of education.